11.

Ueber die Entwicklung des Samens der Areca Catechu L. und die Bedeutung der Ruminationen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Universität Marburg

eingereicht von

Ern W: Theodor Osenbrüg

aus Ratzeburg i. Lauenburg.

Marburg.

Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).

1894.

Ueber die
ntwicklung des Samens der Areca Catechu L. und die Bedeutung der Ruminationen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Universität Marburg

eingereicht von

Theodor Osenbrüg
aus Ratzeburg i. Lauenburg.

Marburg.
Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).
1894.

Als Dissertation angenommen am 5. Juni 1893.

Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Die Entwickelungsgeschichte der echten Ruminationen ist nur für wenige Fälle genau untersucht; über die biologische Bedeutung der Ruminationen war fast noch nichts bekannt. Wie Herr Prof. Arthur Meyer schon früher[1]) hervorgehoben hat, ist es nicht unwahrscheinlich, dass wir in den echten Ruminationen eine durch Gifte wirkende Schutzvorrichtung gegen die Angriffe von Tieren vor uns haben, doch fehlten für diese Ansicht noch alle Stützen. Es schien deshalb keine undankbare Aufgabe zu sein, diese beiden Fragen unter besonderer Berücksichtigung des so ausgezeichnet ruminierten Samens der Areca Catechu L zu verfolgen. Von den Jugendzuständen dieses Samens hatte Herr Prof. Meyer vorzügliches Material durch die die wissenschaftlichen Bestrebungen stets in liebenswürdigster Weise unterstützende Güte des Herrn Prof. Dr. Treub in Buitenzorg erhalten, und übertrug er mir die Bearbeitung desselben unter Hinweis auf die erwähnten Gesichtspunkte. Da das Material der Arekapalme für uns ziemlich schwer zu erlangen ist, habe ich dasselbe auch noch in anderer Beziehung möglichst ausgenutzt. So gliedert sich die Arbeit jetzt in folgende Abschnitte.

1. Allgemeine Beschreibung der Arekapalme.
2. Morphologie und Anatomie des Blütenstandes.
3. Morphologie und Anatomie der Blüten.
4. Morphologie und Anatomie der Frucht.
5. Morphologie und Anatomie des Samens.
6. Entwickelung der Ruminationen des Arekasamens.
7. Die Ruminationen des Arekasamens im Vergleiche mit denen anderer Samen.
8. Ablagerung der Schutzstoffe des Arekasamens und Vergleich der Chemie anderer Ruminationen mit der Chemie der Ruminationen des Arekasamens.
9. Die Embryonen des Arekasamens und anderer Palmensamen.

---

1) Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde I, pag. 175: »In ganz ähnlicher Weise (wie bei Myristica fragrans das äther. Öl in dem die Ruminationen bildenden Hüllperisperm) kommt bei Myristica Bicuhyba Schott. — Berichte der deutsch. bot. Ges. 1887, pag. 468 — der Bitterstoff nur im Hüllperisperm vor. Das Hüllperisperm ist wahrscheinlich häufig der Ort, in welchem die Stoffe abgelagert werden, die zum Schutze der Samen gegen Feinde dienen sollen.«

1. Allgemeine Beschreibung der Arekapalme.

Die Arekapalme gehört nach den übereinstimmenden Berichten der Reisenden zu den zierlichsten Palmen. Der gleichmässig-cylindrische, unverzweigte Stamm steigt fast kerzengerade bis zu einer Höhe von 20—24 m. empor, bei einer Dicke von nur bis zu $^1/_3$ m. Er ist unbewehrt, glatt, und zeigt, wie auch andere Areca-Species, z. B. Areca rubra, in regelmässigen Abständen Querringe, die von den Narben der abgefallenen Wedel herrühren. Nach Lewin[1]) zeigt er vor dem Tragen eine grüne Farbe, später wird er blass-grün, hell-aschfarbig und ist dann nur gegen die Spitze hin grün. Gekrönt wird der Stamm durch einen Busch von 8—10 Wedeln, die bis 4 m. lang werden und von glänzend-dunkelgrüner Farbe sind. Über die Stellungsverhältnisse der Wedel liegt in der Litteratur keine Angabe vor. Da im Marburger Gewächshaus die Areca Catechu nicht vorhanden ist, konnten hierüber keine Untersuchungen angestellt werden. Wahrscheinlich stehen sie aber, wie auch bei einigen anderen Areca-Species in $^2/_5$ Stellung, ebenso wie die Zweige an der Achse des Blütenkolbens. Die unteren Wedel sind etwas nach unten gebogen, während die oberen schräg aufrecht gerichtet sind. In der Jugend sind sie tutenförmig zusammengerollt. Ein solcher junger Wedel ragt dann wie ein Horn aus dem Busche der übrigen Wedel hervor. Die Basis des Wedels bildet eine cylindrische, derbhäutige, in der Mitte häufig bauchig angeschwollene Scheide, welche den Stamm umfasst, aussen glatt und grünlich, innen durch Längsnerven gestreift und von weisslicher Farbe ist[2]). Der Blattstiel ist unten auf der Unterseite konvex, auf der Oberseite konkav, im Querschnitt also etwa halbmondförmig. Er läuft in die Blattspindel aus, die auf der Oberseite eine scharfe Rippe bildet. Auch geht die konvexe Unterseite des Blattstieles in eine eckige Form über, sodass der Querschnitt der Blattspindel fast rhombisch ist. An den ebenen Seiten dieser Spindel entspringen die Blattfieder, die am Grunde etwas angeschwollen, 7—10 cm. breit sind und bis zu einem Meter lang

---

1) Lewin: Über Areca Catechu, Chavica Betle u. das Betelkauen. Stuttgart 1889. Pag. 44.

2) Martius: Historia Palmarum.

werden. Sie stehen regelmässig ab, aber sich nicht genau gegenüber, sondern etwas verschoben und sind etwas nach unten geneigt, parallelnervig und gefaltet. Die unteren und mittleren laufen spitz aus, die oberen sind zusammengeschmolzen und am Ende breit, mit gleichsam ausgefressenem Rande, in dessen Buchten die Hauptnerven auslaufen.

2. Morphologie und Anatomie des Blütenstandes.

Die bis zu einem Meter lang werdenden Blütenstände entspringen in den Blattwinkeln. Sie kommen erst nach dem Abfallen der betreffenden Blätter, in deren Achseln sie entstehen, zum Vorschein, stehen also immer unterhalb des Blätterbusches, und sind gewöhnlich zu dreien bis vieren zu gleicher Zeit an einem Stamme. Sie kommen aber nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander zur Entwickelung [1]), sodass an einer Palme in Entwickelung begriffene Blütenstände in der Spatha, ein entwickelter Blütenstand ohne Spatha, ein Fruchtstand mit unreifen Früchten und ein solcher mit reifen Früchten vorhanden ist.

Der Blütenstand ist von einem, in zwei Schichten zerlegbaren, häutigen, glatten, aussen grünlich-weissen oder gelblichen, gewölbten, innen weissen und flachen Deckblatte, spatha, in der Jugend umgeben, das sich durch einen Längsriss öffnet, später kurz vor dem Aufblühen der Blüten abfällt und nur den Blütenstand im jungen Zustande nach dem Abfallen des Wedels schützt. Der Blütenstand selbst ist weisslich oder gelblich-weiss, in der Jugend fleischig, faserig, später holzig werdend. Die Hauptachse sitzt dem Stamme mit halbmondförmiger Basis, schräg nach oben gerichtet, an. Ein mir zu Gebote stehender Blütenstand (Tab. I, Fig. 1) hatte an der Basis der Hauptachse die Breite von fast 5 cm., bei einer Dicke von 2 cm. an der dicksten Stelle in der Mitte; die Länge der Hauptachse betrug 46 cm. Dieser noch sehr junge Blütenstand ist in Fig. 1 von vorne, nach Entfernung der Spatha, abgebildet. Das Bild zeigt deutlich, wie dicht gedrängt die Zweige stehen und wie diese sich gegenseitig sowohl wie auch den grossen unteren ♀ Blüten so anschmiegen, dass die vordere Fläche sanft nach beiden Seiten zu abgerundet erscheint und sich der Form und dem Umfange des Deckblattes angepasst hat. In Wirklichkeit liegen die Zweige noch enger an einander, der Deutlichkeit halber sind einzelne derselben durch Nägel auseinander gehalten. Die einzelnen Zweige des Blütenstandes stehen so, dass die Rückseite, also die dem Stamme der Palme zugekehrte Seite, eine vollständig ebene Fläche bildet. Trotzdem dadurch die sämtlichen Zweige 1. Ordnung und die 2. Ordnung nur an der vorderen oder den seitlichen Kanten der Haupt-

1) **Lewin**, l. c. pag. 45.

achse resp. deren Zweige 1. Ordnung zu entspringen scheinen, lässt sich doch für die Zweige 1. Ordnung, da diese mit breiter, nach innen konkaver, nach aussen konvexer Basis die Hauptachse umfassen, noch eine $^2/_5$ Stellung nachweisen. Sämtliche Zweige 1. Ordnung sind nämlich, da dem jungen Blütenstand nicht nur durch die Spatha sondern auch durch den Stamm selbst die Richtung angewiesen wird, so verschoben, dass sie in scheinbarer $^1/_2$ Stellung an der Hauptachse stehen. Die $^2/_5$ Stellung lässt sich unter Berücksichtiguug der durch den Druck der Spatha und des Stammes eingetretenen Verschiebungen bis zu dem 16. Zweige durchführen (Tab. I, Fig. 2). Allerdings muss man dann bei unserem Exemplare nach dem sechsten einen Zweig, den im Diagramm punktierten siebenten einschalten, der offenbar unterdrückt ist, da der auf Zweig 6 folgende Zweig 8, wie das Diagramm zeigt, gleich neben ersterem liegt. Nach Zweig 16 tritt eine solche Verschiebung ein, dass sich die $^2/_5$ Stellung nicht mehr erkennen lässt. Die letzten Zweige bestehen nur aus etwa 10 cm. langen, dünnen, an ihren Enden ♂ Blüten tragenden Zweigchen, an deren Basen je eine einzelne ♀ Blüte sitzt. Sämtliche ♀ Blüten, in diesem Falle neun an Zahl, sind mit ihren Zweigchen nach vorne gedrängt, sodass sie, zweizeilig alternierend, dicht übereinander stehen. Die Hauptachse, die hier schon sehr dünn geworden ist, biegt sich jedesmal um die ♀ Blüte, sodass nach Entfernung derselben die zurückbleibende Achse wie die Spindel einer Weizenähre nach Entfernung der Ährchen aussieht. Die Stellung der Zweige 2. Ordnung, von denen im Diagramm nur die der ersten beiden und des sechsten Zweiges 1. Ordnung gezeichnet sind, lässt sich nicht auf die $^2/_5$ Stellung ohne grossen Zwang zurückführen. Man muss hierbei aber berücksichtigen, dass, da die Zweige durch die Spatha eng an die Hauptachse gedrückt werden, dieselben naturgemäss alle nach der äusseren und vorderen Seite drängen, da ihnen auf der Hinterseite vollständig der Platz durch den Stamm selbst genommen wird. Die ♂ Blüten fallen bald ab, während die dieselben tragenden Zweigchen stehen bleiben. Bei ihrer Weiterentwickelung nach der Befruchtung, auch schon vorher, biegen die ♀ Blüten die Zweige auseinander, sodass namentlich ein junger Fruchtstand ein sparriges Aussehen erhält. Durch die Last der Früchte, die zu 50 und mehr an einem Fruchtstande sich entwickeln, wird derselbe dann nach unten gebogen (Taf. I, Fig. 3). Er vermag aber diese Last zu tragen, da seine Festigkeit durch die weitere Ausbildung der in den Achsen in grosser Anzahl befindlichen Sklerenchymfaser mit dem Alter bedeutend zunimmt.

Die Blütenstandsachse, wie auch deren Zweige, besteht hauptsächlich aus grosslumigem Parenchym, welches durchsetzt ist von zahlreichen Leitbündeln, die von Sklerenchymfasern und weiter nach aussen von Oxalatzellen ganz oder teilweise umgeben sind. In der Nähe der Peripherie,

also dicht unter der Epidermis fehlen die Leitbündel und nur Stränge von Sklerenchymfasern sind in grosser Anzahl vorhanden. Nur durch diese den Monokotyledonen eigene, grosse Anzahl und unregelmässig zerstreute Lage der Leitbündel und der diese begleitenden Sklerenchymfaser-Bündel können ohne grosse Störung der ganzen anatomischen Verhältnisse diese eigentümlichen Windungen, Verdünnungen und Abplattungen des Kolbens wie dessen Äste zu stande kommen. In den Leitbündeln selbst fallen die Siebteile durch ihre Grösse auf. Sie umgeben den Tracheenteil an der Aussenseite halbmondförmig.

Die Epidermis wird aus fast sechseckigen, an den Ecken abgerundeten und in der Längsrichtung des Blütenstandes etwas gestreckten Zellen gebildet. Nicht sehr zahlreiche, kleine Spaltöffnungen durchsetzen die Epidermis. Die Zahl derselben vermehrt sich nach der Spitze zu. Ausserdem liegen in der Epidermis, und zwar in kleinen Einsenkungen derselben, sehr zahlreiche, namentlich an den unteren Partieen der Blütenstandsachse wie deren Zweige, Steinzellgruppen, an welchen wiederum lange, zwei- bis dreizellige, aber einreihige Haare sitzen, die strahlig auseinander biegen. An älteren Teilen des Blütenstandes sind diese Haare, wie deren Steinzellen, mit einem dunkelbraunem Farbstoff versehen. Diese Haare bewirken das eigentümliche braun-gesprenkelte Aussehen und die schülferige, rauhe Beschaffenheit der unteren Partien des Blütenstandes. Die jüngeren Partieen, die Spitzen der Achse wie deren Zweige erscheinen glatt und fast weiss. An der abgezogenen Epidermis bemerkt man aber doch, namentlich nach Färbung mit Anilinhydrochlorat, die Steinzellgruppen, die hier weniger zahlreich, fast vereinzelt liegen, auch aus weniger, nur 3—4 Zellen, bestehen und in den seltensten Fällen mit Haaren besetzt sind. In den wenigen Fällen, wo sie vorhanden, waren sie ohne Farbstoff. Nach Scheffer[1]), der übrigens, soweit ich weiss, der einzige ist, der diese Haare erwähnt, sollen sie eine eigentümliche Flüssigkeit (un fluide particulier) absondern. In dem mir zu Verfügung stehenden Alkoholmateriale konnte ich aber nichts von drüsenähnlichen Organen an diesen Haaren entdecken.

3. Morphologie und Anatomie der Blüten.

Die ♂ Blüten sitzen zweizeilig alternierend, in kleinen Grübchen an den schmalen Kanten der oberen Partieen der primären und secundären Zweige, während sie in mittlerer Höhe derselben nur einseitig stehen. Deckblätter sind nicht vorhanden. Ob dieselben deshalb nicht mehr vorhanden sind, weil sie mit der Achse verschmolzen sind, wie Martius

1) Scheffer, Naturkund. Tijdschr. voor Nedenlandsch Indie. 1873. Pag. 157.

annimmt[1]), oder gar nicht mehr angelegt werden, konnte nicht entschieden werden, da keine jungen Zustände vorlagen.

Im geschlossenen Zustande, wie sie mir im Alkoholmaterial meistens zur Verfügung standen, haben die ♂ Blüten eine Länge von 2–3 mm. und sind von gelb-weisser Farbe. Das äussere Perianth ist sehr klein, etwa 1/4 der Länge des inneren, dreiteilig, die drei Zipfel mit den viermal grösseren inneren drei Perianthblättern alternierend. Diese sind ziemlich derb, fast lederartig, längs gestreift, spitz zulaufend, unbehaart, glatt. Im frischen Zustande sollen die ♂ Blüten von angenehmen Dufte sein[2]).

Auf die Perianthblätter folgt das aus zwei Reihen von je drei Staubgefässen gebildete Andröceum. Die kurzen Filamente sind an den Basen verbreitert und bilden um den unfruchtbaren Fruchtknoten einen Ring. Die Antheren sind nach innen gewendet, introrს, in der Mitte an die Filamente geheftet, und reichen bis zu dem verbreiterten Teile des Filaments. Der oberständige Fruchtknoten ist unfruchhtar; er trägt noch die drei Griffel, jedoch ohne Narbenfläche. Die Blüte ist also nach dem allgemeinen Monokotyledonen-Schema aufgebaut. (Taf. I, Fig. 4).

Die ♀ Blüten sind um Vieles grösser als die ♂. Im geschlossenen Zustande sind sie bis 1,5 cm. lang, der Durchmesser in der Mitte beträgt fast 1 cm. Sie befinden sich an den unteren Enden der Zweige 1. und 2. Ordnung und zwar nicht direkt an diesen, sondern an bis 10 cm. langen, dünnen Zweigen, die oben ♂ Blüten tragen, sitzt je eine grosse ♀ Blüte, manchmal auch deren zwei dicht gedrängt zusammen.

Am Grunde der ♀ Blüte bemerkt man drei kleine Wülste, von denen die zwei oberen bei jungen Blüten oft sehr deutlich schuppenförmig, der mittelste, tiefer stehende gewöhnlich nur als schmaler aber in der Quere länger gestreckter Wulst bemerkbar ist. Die richtige morphologische Deutung dieser Wülste, die offenbar rudimentäre Blätter darstellen, ist wahrscheinlich folgende. An der relativen Hauptsache A (I. Fig. 5*a*) befindet sich in der Achsel eines ebenfalls zu einem kleinen Wulste verkümmerten Deckblattes der Zweig 1. Ordnung B. Dieser trägt dicht über der Basis in der Achsel eines Deckblattes *a* den die ♀ Blüte tragenden Spross *b*, welcher zwei Vorblätter *α* und *β* erzeugt und mit der ♀ Blüte abschliesst. Dieser Zweig b ist nun nicht nur sehr verkürzt, sondern auch so verschoben, dass sowohl die ♀ Blüte mit ihren Vorblättern *α* und *β* als auch das Deckblatt *a* nach aussen kommt, während sich der Zweig *B* der relativen Hauptachse *A* seitlich anschmiegt. (Taf. I. Fig. 5*b*). Auf diese Weise kommt das Diagramm (Taf. I. Fig. 6) zu stande, welches mit dem von Martius angegebenen übereinstimmt, wenn man berück-

1) Martius: Histor. Palm. Vol. III, pag. 170.

2) Lewin: l. c. pag. 46.

sichtigt, dass **Martius** die Glieder seines Diagramms willkürlich seiner Auffassung zu Liebe und entgegen dem thatsächlichen Verhalten verschoben hat. Oft bemerkt man an der Aussenseite der ♀ Blüte auch noch eine einzelne ♂. (Taf. 1, 5*a* u. *b* und 6 im Diagramm ♂). Diese gehört aber ihrer Stellung zu den Vorblättern nach nicht zu der Achse der ♀ Blüte, sondern sitzt an der relativen Hauptachse *B* und befindet sich immer an der Seite der Achse, an welcher später oben zuerst die ♂ Blüten erscheinen. Im Schema 5*a* ist dieses Verhältnis dargestellt. Einer der unterhalb der ♀ Blüten sich befindenden Wülste ist also nicht als Deckblatt dieser ♂ Blüte aufzufassen, zu welcher Annahme man vielleicht geneigt sein könnte, wenn man in Betracht zieht, dass bei anderen Arecineen, z. B. Geonoma acaulis[1]), die Blüten in einem dreizähligen Quirl stehen, in dessen Mitte und etwas tiefer die ♀, zu beiden Seiten dieser je eine ♂ steht, und dass ferner die beiden ♂ Blüten früher als die ♀ erscheinen, aber schon vor der vollständigen Entwicklung dieser absterben, sodass später beim Dasein der ♀ Blüten von den ♂ nichts mehr zu bemerken ist, als vielleicht die Insertionsstellen deren Deckblätter.

Die äusseren drei Perianthblätter der ♂ Blüte sind länger als die drei inneren, sehr derb, lederartig, gekielt, innen glatt und längsgestreift, aussen ebenfalls glatt, an einzelnen Stellen eingedrückt, von weiss-gelber Farbe. Wie das Diagramm zeigt, decken sich die beiden inneren dachziegelartig, während das äusserste die beiden fast ganz umschliesst. Das innere Perianth besteht ebenfalls aus drei Blättern, die sich dachziegelartig decken. In der Mitte sind diese fleischig, bilden einen nach der Spitze zu dicker werdenden Wulst, der sich nach beiden Seiten zu rasch abflacht, bis schliesslich die seitlichen Ränder der Blätter fast häutig erscheinen. Sie sind längs gestreift und liegen dem Fruchtknoten dicht an.

Das Andröceum ist bis auf die verbreiterten Basen der Filamente, die den Fruchtknoten als ein Ring von 6 Schuppen kreisförmig umgeben, verkümmert. Welche biologische Funktion diesen Schuppen zukommt, ist zweifelhaft. Als Nektarien zum Anlocken von die Bestäubung vermittelnden Insekten können sie kaum dienen, da die ♀ Blüten, nach dem Alkoholmaterial zu schliessen, sich nicht öffnen, sondern diese Schuppen fest von dem Perianth umschlossen hält. Dieses lässt zur Zeit der Befruchtungsreife nur die Narbe aus der Blüte hervorragen.

Der oberständige, am Grunde bauchig angeschwollene, aus drei Karpellen entstandene, fleischige Fruchtknoten ist einfächerig und schliesst nur eine anatrope Samenknospe ein, die nicht in der Mitte, sondern seitlich im Fruchtknoten liegt, was verständlich ist, wenn man bedenkt, dass ursprünglich drei Samenknospen angelegt waren, von denen zwei ver-

1) **Eichler**, Blütendiagramme. pag. 109.

kümmert sind. Gekrönt ist der Fruchtknoten durch drei ungestielte, mit ziemlich grossen Papillen versehene Narben, von denen die eine, welche dem fruchtbaren Fruchtblatt angehört, die beiden anderen an Grösse überragt.

Die Art und Weise der Bestäubung, ob durch den Wind oder durch Insekten, — auf letztere scheint der vorher erwähnte Duft der ♂ Blüten hinzuweisen —, kann natürlich nur durch Beobachtung im Heimatlande der Arekapalme entschieden werden. Eine Bestäubung der ♀ Blüten durch einfaches Ausfallen des Pollens der ♂ Blüten desselben Kolbens, die ja durch den Sitz der ♂ Blüten über den ♀ vielleicht wahrscheinlich wäre, scheint mir ausgeschlossen zu sein, da bei befruchtungsfähigen Kolben die ♂ Blüten schon sämtlich abgefallen sind und umgekehrt an den Kolben, wo die ♂ Blüten geöffnet sind, die ♀ noch nicht ganz entwickelt, die Narben noch vollständig vom Perianth umschlossen sind, sodass die Arekapalme also proterandrische Blüten besitzt.

Die Anatomie der ♂ wie ♀ Perianthblätter stimmt im wesentlichen überein. Die Kelchblätter der ♂ sind, wie erwähnt, nur sehr klein. Nur ganz vereinzelt finden sich Spaltöffnungen in der Epidermis, welche an der Spitze zu kleinen Papillen ausgewachsen ist. Durchzogen werden die Kelchblätter von je einem Leitbündel, das 2 Tracheen enthält, und von einigen kurzen Sklerenchymfasern, die von Oxalatzellen begleitet werden, umgeben ist. Die inneren Perianthblätter enthalten 8—10, parallel von der Basis bis zur Spitze laufende Leitbündel, deren Tracheenteil höchstens wiederum aus 2 Tracheen besteht. Begleitet werden diese Leitbündel von ziemlich dünnwandigen Sklerenchymfasern und umgeben von einem Cylinder rundlicher Steinzellen, die nach innen stärker verdickt sind, und je eine Oxalatdruse enthalten. Raphiden finden wir hier nur in der äussersten Spitze des Blattes und zwar nur 3—5 Bündel. Dieselbe Zusammensetzung der Leitbündel finden wir auch in den Kelch- und Blumenblätter der ♀ Blüte, später auch im Fruchtknoten und im Kolben selbst vor. Da die ♀ Blüten bedeutend grösser und derber sind als die ♂, so sind nicht nur die Tracheen, sondern auch die die Leitbündel umgebenden Sklerenchymfasern zahlreicher und stärker entwickelt. In den Blättern des inneren Perianths finden sich ausserdem noch in dem fleischigen Polster zahlreiche Raphiden in grossen ovalen Zellen, in denen ein Sekret beim Alkoholmaterial nicht wahrnehmbar ist. Die Epidermis aller Perianthblätter besteht aus ziemlich regelmässigen, sechseckigen Zellen, die nur um die kleinen und in spärlicher Anzahl vorhandenen Spaltöffnungen unregelmässige Form annehmen. Der Rand der Blätter ist mit ein- bis dreizelligen Papillen besetzt, deren Zahl wie Länge nach der Spitze zu wächst. Die Spitze selbst ist oft dunkelbraun gefärbt.

Der junge Fruchtknoten ist fleischig; es sind schon sämtliche Elemente, die wir in der weiter unten zu beschreibenden Fruchtschale vorfinden,

angelegt. Die Steinzellen sind an ihrer Grösse und Form zu erkennen; Raphiden sind namentlich an der Spitze des Fruchtknotens vorhanden. Im übrigen verweise ich auf die Anatomie des Perikarps.

4. Morphologie und Anatomie der Frucht.

(I. Fig. 7). Das eiförmige, im jungen Zustande grüne, im reifen gelbrote Perikarp schliesst nur einen Samen ein, der nicht ganz in der Mitte, sondern etwas mehr nach der Spitze zu liegt. Es trägt am Grunde noch die Perianthblätter, die sich nach der Befruchtung der ♀ Blüte bedeutend vergrössert und verstärkt haben. Sie bilden eine bei reifen Früchten bis zu 2 cm. hohe, zweireihige Hülle um die Basis der Frucht. Die Grösse der Früchte ist verschieden. Die grössten mir zu Gebote stehenden hatten eine Länge von 6—6,5 cm., und an der dicksten Stelle einen Durchmesser von 3—3,5 cm. Die in Alkohol aufbewahrten Früchte zeigten noch die oben angegebenen Farben; die unreifen waren grün, die fast reifen rötlich, die ganz reifen mehr gelblich. Sie sind aussen glatt.

Das Perikarp gliedert sich in drei Schichten, deren äussere wir Hüllschicht, deren mittlere wir Faserschicht und deren innere wir Hartschicht nennen wollen.

Die Hüllschicht ist dünn. Die Hauptmasse der Fruchtschale besteht im Wesentlichen aus Fasern, die besonders im Innern ziemlich dick und dann von Leitbündeln durchzogen sind. Die innere Schicht, die Hartschicht, ist sehr dünn im Vergleich zu dem ganzen Perikarp; sie ist mit der Faserschicht eng verbunden und lässt sich von dieser namentlich beim frischen Alkoholmaterial, bei welchem sie auch nicht so deutlich hervortritt, nicht isolieren. Je nach dem Reifezustande ist das Perikarp mehr oder minder fest. Getrocknete Exemplare zeigen ein anderes Aussehen. Die Hüllschicht sieht grau aus, ist stellenweis zerrissen und löst sich auch wohl in kleinen Schuppen von der Faserschicht los. Die Fasern dieser Schicht liegen ebenfalls nicht mehr fest aneinander, da das zwischen denselben liegende Parenchym beim Trocknen zerrissen ist; doch lassen sich die einzelnen Fasern nicht ohne Gewalt von einander trennen, ähnlich wie bei der Cocosfrucht.

Die Hartschicht tritt jetzt aber deutlich als dünne, aber ziemlich feste Schale hervor, die nur an der Basis durch die aus der Fruchtschale in die Samenschale verlaufenden Leitbündel unterbrochen wird. Sie lässt sich auch jetzt von der Faserschicht nur schwierig isolieren. (Taf. I Fig. 8). Die Frucht der Arekapalme ist daher keine Beere, wie vielfach, auch im »Engler und Prantl«[1]) angeführt wird, sondern kann vielmehr als

1) Engler u. Prantl. Natürl. Pflanzenfam. Palmae.

eine Steinfrucht, deren Hartschicht ziemlich dünn und deren Fleischschicht stark faserig geworden ist, bezeichnet werden. Das Perikarp der Areca Catechu unterscheidet sich von dem der Cocosfrucht durch die geringere Dicke der Hartschicht, von der Dattelfrucht vorzüglich durch die starke Ausbildung der Fasern in der Fleischschicht und das gegenteilige Zurücktreten der Parenchymzellen. Die Innenseite des Perikarps, die also dem Samen anliegt, ist namentlich beim Alkoholmaterial glänzend und zeigt auch im trocknen Zustande die Abdrücke der in der Samenschale befindlichen Leitbündel. (Taf. I, Fig. 8).

Die mikroskopische Untersuchung des Perikarps ergiebt zu äusserst die durchgängig gleichartig gestalteten Epidermiszellen (Taf. II, Fig. 1 *E*). Die äusseren tangentialen Wände sind stark verdickt, während die radialen weniger, die inneren tangentialen garnicht verdickt sind. Die Kutikula ist nur schwach entwickelt, hebt sich aber nach Behandeln der Schnitte mit Chlorzinkjod deutlich ab. Von der Fläche aus gesehen, besitzen die Epidermiszellen eine fast regelmässige sechseckige Gestalt, die nur in der Nähe der Spaltöffnungen, die nicht sehr zahlreich die Epidermis durchbrechen, etwas unregelmässige Gestalt annehmen. (Taf. II, Fig. 2.) Die Flächenansicht der Spaltöffnungen zeigt das normale Aussehen. Auf dem Querschnitt bemerkt man, dass die Schliesszellen etwas tiefer liegen, von Nebenzellen begleitet sind und unterhalb derselben eine wohl ausgebildete Atemhöhle besitzen. (Taf. II, Fig. 3.) In der Längsrichtung sind die Epidermiszellen etwas gestreckt. (II. 4. *E*.) Auf die Epidermis folgt eine Schicht von ein bis zwei Reihen eng zusammenschliessender, in radialer Richtung etwas zusammengedrückter, gelbe Chromatophoren führender Parenchymzellen, die mit der Epidermis zusammen die Hüllschicht bilden. (II. Fig. 1. 3. 4.) Nach dem Innern zu nehmen diese Parenchymzellen an Weite zu, während der Chromatophorengehalt abnimmt. Durchsetzt wird das Parenchym, das jetzt zur Faserschicht zu rechnen ist, von Sklerenchymfasern, die zu Bündeln angeordnet sind, welche in der Mitte der Fruchtschale am dicksten sind und die faserige Struktur derselben bedingen. In der Nähe der Peripherie bestehen diese Bündel nur aus Sklerenchymfasern (Taf. II, Fig. 1. 4. *Sk.*), im Innern schliessen sie Leitbündel ein. Um diese stärkeren Sklerenchymfasern liegt noch, wie in der Blütenstandsachse und den Perianthblättern, ein Mantel aus etwas dünnwandigeren Steinzellen, deren jede eine Krystalldruse enthält. Da diese Steinzellen den Sklerenchymfasern dicht anliegen, heben sie sich auf Querschnitten nicht von diesen ab, zumal die Druse beim Schneiden gewöhnlich herausfällt. Auf dickeren Längsschnitten durch die mittlere Partie des Perikarps sieht man deutlich diese Oxalatzellen. Die Anordnung der Leitbündelelemente in den Faserbündeln ist verschieden, je nachdem ein oder mehrere Leitbündel von einem Sklerenchymfaserring

ganz oder teilweise umgeben wird. In den kleineren Bündeln haben wir eine kollaterale Anordnung; der Siebteil liegt nach aussen, der Tracheenteil nach innen (II. Fig. 5). Treten mehrere Leitbündel zusammen, so kann man auch koncentrische und radiale Anordnung unterscheiden. In diesem Falle schliesst meistens der Sklerenchymring, der überhaupt nach Innen zu in der Regel nicht so dick als auf der Aussenseite ist, nicht ganz, sonders lässt einen mehr oder minder breiten Kanal, der durch Parenchymgewebe ausgefüllt wird, frei (II. Fig. 6). Bei breiteren solcher Kanäle liegt in der Mitte wohl noch ein Sklerenchymfasserbündel in dem Parenchym. Auch innerhalb des Ringes zwischen den Leitbündeln finden sich oft noch ein oder mehrere kleinere Stränge. Alle diese Bilder werden durch das Zusammenlegen und Verschmelzen von mehreren, vorher isoliert verlaufenden Leitbündeln erklärt. Durch diese Aneinanderlagerung und Verschmelzung der Sklerenchymstränge im Verein mit den gleich zu besprechenden Steinzellen kommt die Festigkeit und Zähigkeit der Faserschicht, die selbst im trocknen Zustande sich nur unter Anwendung von Gewalt auseinanderreissen lässt, zustande. Die Zellen der Sklerenchymfasern sind stark verdickt und verholzt. Die Tüpfelung in Form kleiner Kanäle, wie die Mittellamelle tritt namentlich bei durch Anilinhydrochlorat gefärbten Präparaten deutlich hervor. Sie unterscheiden sich hierdurch wie auch durch das enge Lumen auf Querschnitten sofort von den Tracheen, die spiralig verdickt sind. Zur weiteren Befestigung des Perikarps dienen ausser den Sklerenchymfasern noch Sklerenchymzellen, die auf Querschnitten zerstreut im Parenchymgewebe liegend erscheinen. (II. Fig. 7 St.); Längsschnitte (II. Fig. 4 *St.*) jedoch zeigen, dass sie in vertikalen Reihen angeordnet sind, zwischen den Strängen verlaufen, sich an diese durch weitere Steinzellen anlegen und so gleichsam Querpfeiler bilden, welche die Faserbündel auseinanderhalten und das Parenchym vor dem Zerdrücken schützen. Nach Innen nimmt die Zahl der Steinzellen bedeutend zu; das Parenchym tritt mehr und mehr zurück. Jetzt bilden sie auj Querschnitten einreihige, zusammenhängende Ringe um die Fasern, von diesen durch wenig Parenchym getrennt und nur an einzelnen Stellen durch weitere Steinzellen mit diesen verbunden. Zugleich ändert sich auch die Gestalt derselben. Waren sie vorher in den äusseren Partieen isodiametrisch, so strecken sie sich jetzt mehr und mehr in tangentialer Richtung. Die Innenschicht, die Hartschicht, besteht nur aus solchen stark in tangentialer Richtung gestreckten, fest aneinander liegenden Steinzellen. Fig. 9 zeigt einen radialen Längsschnitt, Fig. 8 auf Tafel II einen Querschnitt durch einen Teil der Hartschicht. Die innere Epidermis ist noch erhalten. Die Zellen derselben zeichnen sich durch stark verdickte, mit Tüpfeln versehene Radialwände aus (II. Fig. 8. 9. *E*).

Zu diesen Elementen der Fruchtschale gesellen sich noch die Sekret-

zellen. (II. 10. 11) Diese erscheinen auf dem Querschnitte rundlich, auf dem Längsschnitte oval. Sie enthalten ein rotgelbes Sekret, das sich durch den Alkohol teilweise von den Wänden losgelöst hat, durch Chloralhydrat oder Kalilauge aber wieder aufquillt. An so behandelten Präparaten sieht man in der Mitte des Sekrets eine hellere Region, in welcher ein grosses Raphidenbündel liegt, dessen Längsrichtung mit der der Frucht zusammenfällt. Diese Sekretzellen befinden sich namentlich in der Mitte, besonders gegen die Spitze des Perikarps, häufig. Über die Natur des Sekrets konnte, da nur Alkoholmaterial zur Verfügung stand, nichts bestimmtes festgestellt werden.

5. Morphologie und Anatomie des Samens.

Der braune, stumpfkegelförmige Samen liegt mit dem breiten Ende der Basis der Frucht zugewendet. Er besitzt eine durch die Leitbündel der Samenschale geaderte, runzelige Oberfläche. An der breiten Basis des Samens befindet sich der breite, halbmondförmige, weiss-gelblicher oder dunkler gefärbte Nabel. (II. 12. *N*) Die Mikropylengegend und damit die Lage des Embryos wird durch eine kleine, warzenförmige Erhöhung dicht neben dem Nabel bei frischen Samen und bei trocknen, nicht ganz reifen angedeutet; während bei ganz reifen Samen hier beim Trocknen meistens eine kleine Höhlung entstanden ist. Der Samenstiel ist sehr kurz, verbreitert und nur durch den Nabel angedeutet. Durch diesen gehen die auf dem glattgeschnittenen Nabel schon mit blossem Auge als glänzende Punkte sichtbaren Leitbündel. Über den weiteren Verlauf derselben wird weiter unten bei der Besprechung der Rumination berichtet werden. Es mag hier nur erwähnt werden, dass dieselben vom Nabel schräg nach der Spitze zu strahlenförmig auseinanderbiegen, indem das mittelste fast gerade bis zur Spitze verläuft. (II. Fig. 12. *a. b. c.*) Eine eigentliche Raphe ist nicht vorhanden. Auf der gegenüberliegenden Seite greifen die Leitbündel netzförmig ineinander, nachdem vorher schon zahlreiche Anastomosen eingetreten sind. Die Chalazagegend ist nicht ausgeprägt, nur ein kleiner Höcker auf der Spitze des Samens, der übrigens nicht bei allen Samen ausgebildet ist, deutet diese Gegend an. Bei den trocknen Samen, wie dieselben im Handel vorkommen, ist die stumpfe Basis oft bis zur halben Höhe des Samens noch von anhängendem Gewebe der Hartschicht des Perikarps bedeckt. Ferner sind die Samen oft bezopft, d. h. dem Nabel hängen noch die in denselben eintretenden Leitbündel als mehr oder minder lange Stränge, an. Die beim Alkoholmaterial eine lederartige Beschaffenheit und dunkelbraune Farbe besitzende Samenschale ist im Verhältnis zum Endosperm dünn. Sie lässt sich von diesem nicht abtrennen, da sie zahlreiche

bis fast zur Mitte des Endosperms gehende Ausstülpungen in dieses treibt, sodass Längs- und Querschnitte ein ähnliches marmoriertes Aussehen zeigen, wie solche der Muskatnuss. In diese Ausstülpungen senden die durch den Nabel in die Samenschale tretenden und sich über die Samenoberfläche verbreitenden Leitbündel Abzweigungen. Durch die braune Farbe der Ausstülpungen heben sich diese deutlich und scharf von dem bei frischen Samen rein weissen, nur im Innern etwas gelblichen Endosperm ab (II, Fig. 12 b c). Letzteres ist ziemlich fest, aber nicht von so harter Konsistenz, dass man es hornartig nennen könnte. Gärtner[1]) nennt es »albumen cartilagineum«, ein knorpeliges Eiweiss. Nach dem Innern zu wird es weicher, während es ganz in der Mitte auseinandergespalten ist, sodass sich hier eine längliche Höhlung befindet. Am Grunde, also am stumpfen Ende des Samens, liegt in einer Höhlung der kegelförmige Embryo, mit dem stumpfen, breiten Ende ebenfalls der Basis zugewendet und an dieser Seite nur durch die Samenschale bedeckt. In der Samenschale kann man zwei Hauptschichten unterscheiden. Die äusserste Schicht besteht aus rundlichen oder ovalen verdickten Zellen, die unregelmässig angeordnet und von mit braunem Inhalte versehenen Zellen durchsetzt sind. Dazwischen bemerkt man zusammengedrückte, teilweise zerstörte Parenchymzellen (II, Fig. 13 *t 1*). Die Epidermis ist meistens nicht mehr wahrnehmbar, nur in einzelnen Fällen, wo am Alkoholmaterial noch die Hartschicht fest um den Samen sass, war sie vorhanden. Die verdickten Zellen sind verholzt, die braunen enthalten Gerbstoff. Sie liegen nur locker aneinander, da das zwischen ihnen liegende Parenchym ja grösstenteils zerstört ist. Deshalb lässt sich auch diese äusserste Partie der Samenschale am Alkoholmateriale leicht mit einer Nadel abschaben. Sie verleiht dem Samen eine rauhe Oberfläche. An den trocknen Samen ist sie zum grössten Teile schon abgerieben, wesshalb diese auch glatter erscheinen und den Verlauf der Leitbündel deutlicher hervortreten lassen. An diesen Samen wird man nie eine Epidermis finden. Auf dem Querschnitt schon fällt die unregelmässige Form, Grösse und Lage der Steinzellen wie der den braunen Inhalt führenden Zellen auf. Auf Flächenschnitten sieht man, dass letztere längliche Gestalt besitzen, aber wirr durcheinander liegen, wodurch die verschiedene Form auf dem Querschnitte bedingt wird (II, Fig. 13, *t 1*). Offenbar ist diese Verschiebung der Zellen, die sich bei noch nicht ganz entwickelten Samen nicht findet, durch den Druck des beim Reifen an Volumen zunehmenden Samens gegen die Perikarpwand entstanden. Die innerste Schicht der Samenschale besteht aus grossen Parenchymzellen, die nur in der Nähe der äusseren Schicht etwas zusammengedrückt sind, im Innern aber regelmässige Wände besitzen. Die Zellwände sind zwar schwach verdickt und mit spalten-

1) Gärter: De fructibus et seminibus I. pag. 20.

förmigen Tüpfeln versehen, doch nimmt die Verdickung nach Innen zu allmählich ab. In dieser Schicht verlaufen die Leitbündel, die man auf Querschnitten natürlich nicht immer genau quer trifft (II, Fig. 13 *t. 2 L*). Ebenfalls gehen von dieser Schicht Ausstülpungen in das Innere des Samens, in die von den Leitbündeln Abzweigungen gesandt werden. Die Zellen dieser Ausstülpungen sind in radialer Richtung gestreckt, sie enthalten ebenso wie die Zellen der inneren Schicht in der Samenschale einen dunkelbraunen, gerbstoffhaltigen Inhalt. Die innere Epidermis ist weder an den Ausstülpungen noch den anderen Partieen der Samenschale deutlich zu erkennen; sie ist mehr oder minder zusammengedrückt. An unreifen Samen dagegen ist sie namentlich an den Ausstülpungen noch gut erhalten (II, Fig. 14 *E*) und hebt sich hier deutlich ab. Einige Epidermiszellen sind sogar papillenartig ausgewachsen, überragen wenigstens die anderen an Grösse.

Das Aussehen und die Struktur der Endospermzellen ist ähnlich wie bei den anderen Palmensamen mit hartem Endosperm (II, Fig. 13 *E*). Die Zellwände sind stark verdickt und mit wenigen aber grossen, fast behöften Tüpfeln versehen. Nach der Mitte des Samens zu nehmen die Wandverdickungen an Stärke ab, sodass hier die Tüpfel nicht mehr deutlich hervortreten. Eine Mittellamelle, sowie eine Schichtung der Zellwände ist nicht zu sehen, die Zellwände bestehen aus reiner Cellulose, wahrscheinlich aus Reservecellulose. Sie färben sich mit Jod und Schwefelsäure intensiv blau, in Kupferoxydammoniak quellen sie stark auf, ohne dass zunächst eine bemerkenswerte Lösung eintritt. Bei längerer Behandlung kleiner Schnitte mit diesem Reagens in einem Reagiercylinder tritt jedoch vollständige Lösung ein. Eine Schichtung wie eine Mittellamelle ist auch nach der Quellung nicht zu bemerken, wohl aber treten die Zellwände dort, wo sich die Mittellamelle befinden müsste, auseinander, sodass nun die Begrenzung der einzelnen Zellen scharf hervortritt. Im Zellinhalte des Endosperms ist Fett und Proteïnsubstanz enthalten. Auffallend ist das Fehlen von grösseren Krystalloïden. Der ganze Zellinhalt besteht aus einer körnigen Masse, die sich leicht in verdünnter Kalilauge löst.

6. Entwicklung der Ruminationen des Arekasamens.

Die jüngste mir zu Gebote stehende Samenknospe von Areca Catechu L., von der Grösse eines gewöhnlichen Stecknadelkopfes, befand sich wie auch das folgende Stadium, in noch vollständig geschlossenen Blüten, d. h. die Narben waren noch fest umhüllt von den Perianthblättern. Die Samenknospe besitzt nur eine geringe Höhe; der Funikulus ist mächtig entwickelt, aber sehr kurz, sodass sie als sitzend bezeichnet werden kann. Die Samenknospe wird durchzogen von 20—25 Leitbündeln, die nur erst in ihren Anlagen, als Prokambiumstränge, zu erkennen sind.

Auf einem Längsschnitte durch die Mediane einer etwas älteren Samenknospe sieht man deutlich die beiden Integumente, die beide sehr kurz und dick sind. Scheffer[1]) hat in seiner Arbeit »Sur quelques Palmiers du groupe des Arecinées« schon festgestellt, dass bei Areca Catechu L. zwei Integumente vorhanden sind, während Drude[2]) dies unentschieden lässt, obwohl er zwei Schichten unterscheidet. Nach verschiedenen Präparaten, die ich erhalten, ist es unzweifelhaft, dass zwei Integumente vorhanden sind, die allerdings, wie aus der Figur hervorgeht, sehr kurz sind (Tab. III, Fig. 1). Die Integumente stehen in etwa gleicher Höhe; das äussere (III, Fig. 1 *a J*) ist bedeutend dicker, durchschnittlich doppelt so dick als das innere, (III, 1 *i J*) an den Enden abgerundet, sodass die Mikropyle in der Mitte verengt erscheint. Die Mikropyle des inneren Integuments liegt nicht genau unter der des äusseren; sie wendet sich schräg vom Funikulus ab. An der Aussenseite des inneren Integuments konnte ich in einzelnen Fällen kleine Papillen bemerken. Infolge der Kürze der Integumente ist die Chalazaregion sehr gross, denn alles Gewebe, welches unterhalb der Integumente liegt, wird am zweckmässigsten als Chalazagewebe bezeichnet, nach Analogien mit anderen Samenknospen, bei denen die Integumente sehr lang sind, die Chalazagegend also klein ist. In dem Stadium, welches die Figur 1 zeigt, hat sich der Embryosack bereits vergrössert, eine ovale Gestalt angenommen und sich in die Chalazaregion eingebohrt. Das Nucellusgewebe ist hier bei der Mikropyle bis auf ein oder zwei Zellreihen verdrängt, während es unterhalb der Insertion der Integumente noch ziemlich mächtig ist. Die Eizelle mit den beiden Gehülfinnen liegt klar vor, während die Lage der Antipoden nicht festgestellt werden konnte. In der Chalaza wird das Nucellusgewebe durch eine weniger durchsichtige Zone von 2—3 Zellreihen, deren Zellen in tangentialer Richtung etwas gestreckt sind, abgegrenzt (III, 1 *g*). Diese Zone ist das Gewebe, aus welcher die Sekretzellen hervorgehen; es besteht aus den Initialzellen der Gerbstoffzellen.

Das folgende Stadium, bei welchem der Fruchtknoten ebenfalls noch vollständig durch das Perianth verdeckt ist, sodass eine Befruchtung noch nicht eingetreten sein kann, unterscheidet sich von dem vorigen durch seine Grösse und Form. Die unterhalb der Insertionsstelle der Integumente liegende Chalazaregion wächst nämlich noch bedeutend, sodass bald nicht mehr der grösste Durchmesser der Samenknospe in der Breite, sondern in der Höhe liegt. Dieses Wachstumsverhalten bleibt bis zur Reife des Samens; infolgedessen hat der Embryosack seine Gestalt verändert. Der Embryosack ist ebenfalls mit in die Höhe gewachsen, er reicht jetzt

1) Annales du jardin botan. de Buitenzorg, 1876. Vol. I, pag. 145.

2) Botan. Zeitung 1877, pag. 624.

bis zu den Initialzellen der Gerbstoffschicht und hat also alles Nucellusgewebe verdrängt. An der Funikulusseite ist er etwas abgeflacht (III, Fig. 2), während an dem Mikropylenende eine Aussackung vorhanden ist, in welcher der Eiapparat liegt. Die Endospermbildung hat noch nicht begonnen. Die Integumente wachsen nicht mit, erscheinen deshalb jetzt relativ klein; die weiteren Stadien werden zeigen, dass sie immer mehr und mehr zurückbleiben, um schliesslich ganz zusammengedrückt zu werden und beim fast reifen Samen nicht mehr wahrnehmbar zu sein.

Der Verlauf der Leitbündel ist für das Verständnis der Entwicklung der Rumination von Wichtigkeit. Wie bereits erwähnt worden, verlaufen 20—25 Leitbündel durch die Samenknospe. Diese sind im Funikulus in zwei bis drei Reihen zu einem Halbkreise angeordnet, laufen ziemlich hoch im Funikulus hinauf, und biegen dann in die Samenknospe, wobei die in der Mediane liegenden (III, Fig. 3 *L*) in einem geraden, sanften Bogen um den Embryosack gehen, wie ein genau median geführter Längsschnitt (III, 1 *L*) zeigt, während die seitlichen, je weiter sie sich von der Mediane entfernen, einen um so schärferen Bogen nach der Mediane zu machen, um dann, nach einer Biegung nach unten, schräg bis zur Mikropylengegend um den Embryosack zu verlaufen. Auf Längsschnitten (III, 1. 2) wird man die letzteren daher immer nur stückweise treffen, während horizontale Querschnitte, die also auch den Funikulus quer durchschneiden, die Biegungen der seitlichen Leitbündel besonders gut zeigen (III, Fig. 3 *L*). Sie verlaufen in der Samenknospe in regelmässigen Abständen parallel zur Oberfläche derselben, wobei die äusseren, da ja sämtliche Leitbündel ziemlich hoch im Funikulus hinaufgehen, in mehr oder minder schräger Richtung nach unten laufen müssen. Sie endigen frei dicht vor der Ansatzstelle des äusseren Integuments, gehen also in dieses nicht hinein. Auf Querschnitten, welche die Längsachse des Embryosackes quer durchschneiden (III, Fig. 4), trifft man also nur die inneren genau quer, während die äusseren, — in der Figur die unteren, — in schräger Richtung durchschnitten werden.

Der Verlauf der Leitbündel tritt namentlich in dem nun folgenden Stadium sehr gut hervor. In diesem Stadium ragen die Narben teilweise aus der Blüte hervor, teilweise sind sie noch von den inneren Perianthblättern, die jetzt etwa um $^1/_3$ länger sind als die äusseren, umgeben, doch klaffen dieselben dann etwas auseinander, sodass ein Zugang zu den beinahe mit den Spitzen der inneren Perianthblätter abschneidenden Narben geschaffen wird. Die Narben selbst waren im Alkoholmaterial schwarz und machten den Eindruck des Absterbens, sodass man annehmen konnte, dass eine Befruchtung eingetreten sei. Die Samenknospe (III, Fig. 6) ist von etwas bräunlicher Farbe, 2—3 mm. hoch

und etwa 1,5 mm. breit; sie hat sich jetzt also schon bedeutend in der Höhenrichtung gestreckt und schon mehr der Form des fertigen Samens genähert. Während im vorigen Stadium der Funikulus mächtiger als die eigentliche Samenknospe (III, Fig. 5) war, tritt er jetzt (III, Fig. 6) schon mehr zurück und wird von der eigentlichen Samenknospe überragt. Auf dem Längsschnitt ist die Mikropyle kaum noch zu erkennen, ebenso sind die beiden kleinen Integumente nicht mehr so deutlich wahrnehmbar, das innere ist an den Insertionsstellen etwas zusammengedrückt. Die Bildung der Rumination ist schon vollständig eingeleitet und zwar beginnt sie vom Funikulus aus. Auf der Funikulusseite bildet sich nämlich über der Eintrittsstelle der Leitbündel in die Samenknospe eine mächtige Wucherung, die wahrscheinlich zuerst die Form eines Hufeisens hat, dessen Biegungsmittelpunkt über der Eintrittsstelle der in der Mediane liegenden Leitbündel sich befindet und nach seiner Mächtigkeit zu schliessen, zuerst entstanden ist, während die beiden Schenkel über der Eintrittsstelle der von diesen Leitbündeln seitlich verlaufenden entstehen, sich allmählich abflachen und vor der Insertionsstelle der Integumente auslaufen. Später werden die beiden Schenkel mächtiger, wölben sich gegeneinander und werden von dem Biegungspunkt als Höcker überragt. Taf. III, Fig. 7 zeigt diese Verwölbungen in dem jetzt vorliegenden Zustande von oben gesehen. *H* in dieser Figur ist der über dem Eintritt der inneren Leitbündel gebildete Gewebehöcker, während mit *W* die Wülste über den seitlich verlaufenden Leitbündeln bezeichnet sind. *M* ist die Mikropylegegend, in welcher sich auch die Integumente befinden. Die Figuren 8, 9, 10 auf Tafel III stellen drei Bilder aus einer successiven Querschnittserie durch diese Wucherungen dar. Fig. 8 ist aus der Nähe der Mikropylegegend; die Wülste *W* sind noch ziemlich weit von einander entfernt. In Fig. 9, welche einen Querschnitt aus der Nähe des Höckers vorstellt, sind die Wülste schon mächtiger, sodass sie sich fast berühren. Der Querschnitt in Fig. 10 endlich ist durch den Höcker selbst gegangen. Auf medianen Längsschnitten sieht man die Wülste meistens als starke, in den Embryosack frei hineinragende Zapfen (III, Fig. 12 *W*), oder, wenn der Schnitt etwas schräg geführt ist, auch wohl als eine Leiste, welche die Chalaza und die gegenüberliegende Wand dicht vor den Integumenten zu verbinden scheint. Einen genau durch die Mediane geführten Schnitt, welcher also durch den Höcker und durch die von den Wülsten gebildete Spalte geht, zeigt Fig. 11, Taf. III. Diese Wucherungen sind, da sie bedeutend mächtiger als die schon sichtbaren, anderen Ruminationsvorsprünge sind, also als zuerst entstanden anzusehen. An den Wandungen der Samenknospe selbst bilden sich über den Leitbündeln, die jetzt durch die Grössenzunahme der Samenknospe auseinander gerückt sind, da die Zahl der-

selben nicht zugenommen hat, ebenfalls Wucherungen, welche in den Embryosack hineinragen, sodass die in Fig. 13, Taf. III abgebildeten Rippen zustande kommen, welche sich in die Wülste fortsetzen und diesen eine wellige Oberfläche verleihen.

Die Figur 13 zeigt das Innere einer Samenknospe, welche nicht genau halbiert, sondern der Deutlichkeit wegen über die Mitte hinaus durchschnitten ist. Man erkennt ohne weiteres den als Zapfen in den Embryosack hineinragenden Wulst *W* und die sich an diesen ansetzenden Wucherungen über den Leitbündeln, welch' letztere wir jetzt primäre Leitbündel nennen wollen. Diese Leitbündel endigen jetzt nicht mehr, wie im vorigen Stadium, frei, sondern es treten an den Endigungen bereits Anastomosen auf und auch hier sieht man deutlich, dass nur da, wo Leitbündel verlaufen, Vorstülpungen entstehen, während unten an der Mykropyle, wo die Integumente, aber keine Leitbündel liegen, sich auch keine Ruminationen gebildet haben. In allen diesen Ausstülpungen liegen also zahlreiche Abzweigungen der primären Leitbündel, deren Wachstum mit dem der Ausstülpungen gleichen Schritt hält, und naturgemäss sind daher die Leitbündel in den Wülsten bedeutend weiter entwickelt, als in den anderen später auftretenden Ruminationen. In den Wülsten durchschneidet man die sekundären Abzweigungen der primären Leitbündel auf medianen Längsschnitten quer, da sie nur von der Seite in diese gelangen können (Fig. 12 *L* in *W*), während sie in den anderen Ruminationsvorsprüngen auf Längs- und Querschnitten immer schräg durchschnitten werden und als Abzweigungen der primären Leitbündel zu erkennen sind. Das Wachstum, d. h. die Vergrösserung der Ruminitationsvorsprünge, erfolgt unter energischer Teilung der Zellen in den Vorsprüngen. Da das ganze Gewebe der Samenknospe noch meristematisch ist, kann man von einer eigentlichen Meristemzone nicht gut sprechen. Die bei der Beschreibung der jungen Samenknospe als die Zone der Initialzellen der später Gerbstoff führenden Zellen bezeichnete Zellschicht (III, Fig. 1 *g*) ist jetzt mit braunem Farbstoff und Gerbstoff angefüllt, welch letzterer sich noch in dem Alkoholmaterial durch verdünnte Eisenchloridlösung gut nachweisen lässt. Diese scharf abgegrenzte Schicht (III, Fig. 9—13 *g*) fällt in den Schnitten sofort durch ihre dunkelbraune Farbe auf. Sie liegt direkt unter der inneren Epidermis, ist 2—3 Zellschichten breit, geht mit in die Vorsprünge, indem sie sich um die Leitbündel herumwindet, wird in der Nähe der Integumente schwächer und verschwindet schliesslich dicht vor denselben. Wahrscheinlich ist die von Voigt bei dem jungen Samen von Myristica fragrans als Meristem bezeichnete Zone auch nur die Zone der jungen Sekretzelle. Ausserhalb der Leitbündel sind die Zellen, wenn auch in schwächerem Masse, mit

braunem Farbstoff versehen; doch treten hier die Sekretzellen schon in jüngeren Stadien auf, besonders in der Chalazaregion in der Nähe des Funikulus; im Funikulus kommen sie nur vereinzelt vor, bilden überhaupt in den in Rede stehenden Geweben keine zusammenhängende Zone.

Das folgende Stadium, welches leider einen bedeutenden Abstand vor dem vorigen hat, stellt schon einen fast reifen Samen vor, sodass wir jetzt nicht mehr von einer Samenknospe reden können. Der unreife Samen ist etwa 2 cm. hoch, bei einem Querdurchmesser von 1,5 cm. in der mittleren Höhe, wo er am dicksten ist. Die Integumente, wie die Mikropyle sind nicht mehr zu erkennen. Eine gallertartige, braune, körnige, strukturlose Masse erfüllt den Innenraum des Samens. Nur an der Peripherie zwischen den Ruminationen ist bereits Endospermbildung eingetreten. Teilweise umkleidet auch das sehr dünnwandige Endosperm die Spitzen der Rumination, von hier aus eine strahlenförmige Anordnung annehmend. Die Ruminationen sind noch ziemlich flach, die Ausstülpungen ragen noch nicht weit in das Innere des Samens hinein; doch sind sämtliche Anastomosen, deren Zahl jetzt bedeutend vermehrt ist, angelegt, wie vergleichende Zählungen auf in derselben Höhe gemachten Querschnitten durch diesen jüngeren und durch reife Samen bezeugten. Neue Ausstülpungen, die sich zwischen die schon vorhandenen einschieben, werden nicht mehr angelegt. Die Vergrösserung der Ausstülpungen findet nicht mehr durch Teilungen der Zellen statt, sondern durch Streckung derselben hauptsächlich in radialer, weniger in tangentialer Richtung; demzufolge nehmen auch jetzt die Zellen der Ausstülpungen eine in radialer Richtung gestreckte Gestalt an. Diese Vergrösserung der Zellen hält gleichen Schritt mit der Volumzunahme des Samens, sodass die Vorwölbungen nicht in das Endosperm hineingeschoben werden. Messungen der Endospermhöhlung in den verschiedenen Reifezuständen zeigen, dass dieselbe beim Reifen nicht verringert, sondern im Gegenteil noch etwas vergrössert wird. Die Volumzunahme des Endosperms bewirkt die in der Mitte des Samens befindliche Längsspalte, die nicht etwa beim Eintrocknen des reifen Samens durch Zerreissen des weicheren Endospermgewebes entstanden ist. Man findet diese Spalte bereits bei fast reifen, frisch in Alkohol gelegten Samen, und zeigen die Endospermzellen später keinerlei Drückungen oder Verschiebungen. Höchstens sind die zwischen den Ausstülpungen und direkt an diesen gelegenen Endospermzellen in geringem Masse zusammengedrückt, was dadurch erklärt wird, dass die Streckung der Zellen in den Ausstülpungen rascher stattgefunden hat, als die Höhenzunahme des ganzen Samens. Auch die regelmässige Form der Endospermzellen ist ein weiterer Beweis dafür, dass keine neuen Ausstülpungen mehr angelegt werden, nachdem die

Wände des Endosperms gebildet sind, dessen Bildung, wie gesagt, an den Wänden beginnt.

Die beiden Wülste, die sich zuerst vom Funikulus in die Samenknospe hineinwölbten, sind an der jetzigen Basis des jüngeren Samens noch als ziemlich grosse Erhebungen, namentlich auf Flächenschnitten, deutlich erkennbar. Die ganze oberhalb dieser Wülste liegende Partie der Samenknospe hat sich also bedeutend gestreckt, während die Funikuluspartie nicht mitgewachsen, sondern an der Basis verblieben ist. Der Verlauf der Richtung der primären Leitbündel hat sich daher ebenfalls mehr und mehr geändert. Die Leitbündel strahlen jetzt von der nun an der Basis liegenden Eintrittsstelle, also den Wülsten, die sich übrigens auch noch bei reifen Samen deutlich nachweisen lassen (II, Fig. 12 *a b*), aus. Das in der Mediane befindliche Leitbündel steigt fast senkrecht bis zur Spitze des Samens, während die seitlichen bald nach den beiden Seiten zu abbiegen.

Ein sehr anschauliches, deutliches Bild über den Verlauf der Leitbündel und damit der Ruminationen wird gewonnen, indem man einen noch vollständig weichen Samen von dem eben behandelten Stadium durch einen Längsschnitt, der senkrecht zu der Mediane, also nicht durch die in dieser verlaufenden Leitbündel geht, halbiert und den gallertartigen Inhalt mittelst eines weichen Pinsels entfernt. Die Samenschale mit ihren Ausstülpungen bildet dann eine Schale, welche auf der Innenseite deutlich die Ruminationen zeigt (III, Fig. 14).

Der reife Samen unterscheidet sich, wenn wir von der Samenschale absehen, von diesem unreifen nur durch die Grösse und die Festigkeit, welch letztere durch die Verdickungen der Endospermzellen bedingt wird.

In der Samenschale tritt mit dem Reifen des Samens eine Scheidung in zwei Schichten ein. Die Zellen der äusseren Schicht werden grösstenteils verdickt, teilweise bleiben sie unverdickt und führen dann braunen, Gerbstoff enthaltenden Inhalt oder werden zusammengedrückt. Die Zellen der inneren Schicht werden nur schwach verdickt; sie enthalten alle, soweit sie parenchymatisch bleiben, braunen, gerbstoffhaltigen Inhalt. Der am reifen, trocknen Samen oft wahrnehmbare Höcker an der Spitze zeigt die ursprüngliche Chalazagegend an.

Die Frage, wann die Ruminationen angelegt werden, ob vor oder nach der Befruchtung, konnte leider, da nicht Material von allen Stadien vorhanden war, nicht definitiv entschieden werden. Aus der Abplattung des Embryosacks an der Funikulusseite bereits im jungen Zustande (III, Fig. 2) scheint hervorzugehen, dass der Funikulus schon vor der Befruchtung der Samenknospe das Bestreben hat, eine Wucherung in den Embryosack zu treiben; jedoch konnte in allen den Fällen, wo eine Befruchtung ausgeschlossen war, weitere Anlagen einer Rumination nicht entdeckt werden.

7. Die Ruminationen des Arekasamens im Vergleich mit denen anderer Samen.

Samen mit ruminiertem Endosperm kommen hauptsächlich vor in den Familien der Myristicaceen, Palmen, Anonaceen und bei einigen Ebenaceen, z. B. Diospyros, Euclea, Maba. Die Samen einiger Polygonaceen, z. B. der Coccoloba-Arten, und von den Araliaceen die von Hedera Helix hat man häufig ebenfalls dazu gerechnet.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt worden ist, sind nur wenige Fälle von echter Rumination genauer untersucht worden. Die Arbeiten, die sich mit der Bildungsweise des ruminierten Endosperms befassten, sind folgende: Voigt[1]) untersuchte die Entwicklung der Ruminationen bei einigen Palmen, Myristica fragrans und bei einigen Anonaceen. Nach Voigts Untersuchungen sind die Ruminationen bei den Palmensamen mit einem Integument, auf die sich seine Untersuchungen beschränken, Integumentfortsätze. Die Entwicklung derjenigen Palmensamen, die ein ruminiertes Endosperm, in der Samenknospe aber zwei Integumente besitzen, lässt er wegen Mangels an Material unentschieden und zitiert nur eine Angabe von Drude[2]), welcher in seiner Monographie der Palmen in »Engler und Prantl« angiebt: »Bei vielen Gattungen entwickelt sich aus dem inneren Integument an den Stellen, wo ein Strang verläuft, eine starke, schon vor der Befruchtung den mächtig entwickelten Embryosack einengende Zellwucherung, welche während der Samenreife stark zunimmt und im Samen, wo sie auf Längs- und Querschnitten deutlich erkannt wird, zu der »Zerklüftung« oder »Rumination« des Nährgewebes führt.«

Im Gegensatz hierzu zeigt die vorstehende Entwicklungsgeschichte der Rumination bei Areca Catechu, dass die Integumente absolut nichts mit der Bildung der Ruminationen zu thun haben. Auch bei Myristica fragrans sind die Ruminationen nicht aus den Integumenten sondern aus dem Nucellusgewebe entstanden. Es würde sich diese Bildungsweise also eng an die von Areca Catechu anschliessen.

Bei den Anonaceen hat das äussere Integument den Hauptanteil an der Bildung der Ruminationen. Dieses bildet nämlich durch lokalisierte Wucherung nach innen vorspringende Höcker, denen Einstülpungen des dünnen, inneren Integuments und der äusseren Zellenlage des Nucellus

1) Voigt. Über Bau und Entwicklung von Samen mit rum. Endosperm. Annales du jardin bot. d. Buitenzorg. Vol. VII, pag. 151.

2) Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien; II. Teil, Palmae, pag. 21.

entsprechen[1]). Das innere Integument wird zusammengedrückt und schliesslich zerstört. Hier sind also die Ruminationsvorsprünge aus dem äusseren Integument hervorgegangen.

Über die Entwicklung der Rumination bei den Ebenaceen liegen, soviel ich weiss, keine Untersuchungen vor. Es sind hier, nach dem reifen Samen von Diospyros, die ich der Güte des Herrn Prof. Dr. Schumann in Berlin verdanke, zu urteilen, wie bei den Myristicaceen, Anonaceen, und Palmen, wirkliche Ausstülpungen der Samenschale.

Wie erwähnt sind ausser diesen auch die Samen von Hedera Helix L. und Coccoloba zu den Samen mit ruminiertem Endosperm gerechnet worden.

Bei Hedera Helix L. haben wir ebenfalls nur ein dickes Integument. Nach Hegelmaiers[2]) Untersuchungen ist hier das Endosperm im Gegensatz zu den vorigen Fällen schon frühzeitig entwickelt, indem es sich auf Kosten des Integuments erweitert und leichte Vorsprünge bildet, denen das Integument durch Bildung von flachen Vorwölbungen folgt. Indem schliesslich das Endosperm immer tiefer gelappte Umrisse bekommt, die Lappen sich eng aneinander legen, die inneren Partieen des Integuments immer mehr und mehr resorbiert werden, bleibt schliesslich vom Integument nur Epidermis und einige zu einer strukturlosen Lamelle zusammengedrückte Lagen übrig, welche die Lappen des Endosperms umkleiden.

Wiederum anders entsteht nach Lindaus[3]) Untersuchungen die Rumination bei Coccoloba populifolia Wedd., zu den Polygonaceen gehörig. Hier entstehen in dem Fruchtknotengewebe, das aus einer grosszelligen Epidermis und einem kleinzelligen Parenchym besteht und die Samenknospe in etwas vorgeschrittenem Stadium fest umschliesst, zuerst schräg verlaufende Risse, die später auch die innere Epidermis durchbrechen. In diese so gebildeten Spalten des Fruchtknotens wächst das äussere Integument hinein, während zu gleicher Zeit eine schnelle Vermehrung des Endospermgewebes stattfindet, das nicht nur das Nucellgewebe, sondern auch das ganze innere Integument und das äussere bis auf die Epidermis verzehrt. Hierbei folgt das Endosperm dem in die Spalten des Fruchtknotens hineinwachsenden äusseren Integumente, welches das parenchymatische Gewebe des Fruchtknotens völlig zerdrückt. Die Samenschale wird schliesslich nur von der gebräunten, äuseren Epidermis des äusseren Integumentes gebildet.

---

1) Voigt. l. c. 176.

2) Hegelmaier. Zur Entwicklungsgeschichte endospermat. Gewebekörper. Botan. Zeitung 1886 pag. 591.

3) G. Lindau. Zur Entwicklungsgeschichte einiger Samen. Ber. d. d. bot Ges. 1891, pag. 275.

Über die zweckmässige Bezeichnung der eben besprochenen Fälle ist folgendes zu sagen: Gärtner[1]), der ausser dem gewöhnlichen Endosperm, das eine gleiche, ganzrandige Oberfläche und eine gleichmässige Beschaffenheit aufweist, höchstens im Innern mit einer Höhle versehen ist, schon noch sechs andere Formen des Endosperms unterschied, zählt Hedera zu den Samen, die ein »Albumen grumosum«, aus kleinen, unregelmässigen, unter sich verbundenen und sich gegenseitig berührenden Teilchen bestehend, besitzen. Diese einzelnen Teilchen, die dem Endosperm eine krümelige Beschaffenheit verleihen, sind eben durch diese vorher geschilderten Auswüchse des Endosperms entstanden. Coccoloba aber führt er als Beispiel derjenigen Samen an, die ein gelapptes Endosperm, ein »Albumen lobatum«, besitzen. Bei diesen ist das Endosperm durch Längsschnitte in grössere, unter sich aber zusammenhängende Abschnitte geteilt. Da dieses sich wenig von dem geteilten Endosperm, dem »Albumen divisum«, das in zwei, selten in mehrere Teile geteilt ist, unterscheidet, führt Gärtner Coccoloba auch hierfür als Beispiel an. Bei allen diesen drei von Gärtner unterschiedenen Formen des Endosperms, zu denen sich dann noch als vierte Gärtners »Albumen sulcatum«, das durch eine tiefe Furche eingeschnitten ist, gesellt, ist das Endosperm durch einen oder mehrere Einschnitte, die mehr oder minder tief gehen, zerteilt oder in Lappen zerlegt; sie sind nicht prinzipiell von einander unterschieden und lassen sich deshalb zusammenfassen unter der Bezeichnung »Samen mit eingefaltetem oder gelapptem Endosperm.«

Dergleichen Einfaltungen des Endosperms, bei denen die Samenschale selbst auch gefaltet ist, also die Ausbuchtungen umkleidet, findet sich bei den Samen häufig. Sie kommen auch bei den Palmen vor. Die Samen von Thrinax argentea Mart. z. B. besitzen ein durch 5 tiefe Einfaltungen, von denen sich einzelne flachere abzweigen, gespaltetes Endosperm. Einen sehr einfachen Fall von Einfaltung zeigen die Samen von Rhamnus cathartica. Hier besitzt der Samen eine einzige, tiefe und ziemlich enge Furche an der Raphenseite.

Ganz abweichend von den eben beschriebenen Samen sind diejenigen gebaut, deren Endosperm wir »ruminiert« nennen wollen. Zeigen die Samen mit gelapptem Endosperm schon von aussen die Einfaltungen, besitzen sie also eine faltige, rissige Oberfläche, so sind diese aussen meistens glatt. Die Zerklüftung des Endosperms wird nur durch Auswüchse der inneren Partie der Samenschale bewirkt, die äussere hat gar keinen Anteil an der Rumination. Gärtner schon beschreibt das »albumen ruminatum« als ein Eiweiss, das durch Auswüchse der inneren Integumente, die mit dem Albumen selbst fest zusammenhaften, so durch-

1) Gärtner, de fructibus et seminibus. Einleitung pag. 145.

setzt ist, dass ein gemischter Körper des Kerns entsteht, der je nach verschiedenen Richtungen durchschnitten, verschiedene Flecken und verschieden gefärbte Streifungen zeigt, wie z. B. bei Areca, Caryota, Myristica, Musa, Commelina. Gärtner legt jedoch ein grosses Gewicht auf das feste Zusammenhaften der Samenschale und seiner Auswüchse mit dem Endosperm und unterscheidet deshalb noch ein »albumen rimosum«, das »durch häutige, vom inneren Integument ausgehende Platten, die sich leicht von dem Endosperm lösen lassen«, geteilt ist, wie z. B. bei Anona, Uvaria, Xylopia.

Da die Entstehungsweise dieses Endosperms dieselbe ist, wie bei dem ruminierten Endosperm Gärtners, lassen wir diese Unterscheidung fallen und rechnen zu den Samen mit »ruminiertem Endosperm« alle diejenigen, deren Endosperm von Auswüchsen der inneren Gewebeschichten der Samenschale durchsetzt wird.

Man kann bei diesen Ruminationen zwei Fälle unterscheiden. Entweder sind die das Endosperm durchsetzenden Auswüchse der inneren Partie der Samenschale lamellen- oder plattenartig und von Leitbündeln durchzogen, nach deren Verlauf und Anzahl sich die Dichte und die Gestalt der Ruminationen richtet, oder sie sind papillenartig und enthalten keine Leitbündel. Beide Fälle kommen bei den Palmensamen vor. Sie nähern sich und gehen in einander über in den Fällen, wo wir eine in das Innere des Samens vorspringende Wucherung oder Verdickung der Raphe haben. Wie der Samen von Rhamnus cathartica als einfachster Fall eines Samens mit eingefalteter Samenschale betrachtet werden darf, sind die zuletzt erwähnten Vorkommnisse als die einfachsten Fälle der Samen mit ruminiertem Endosperm anzusehen.

Drude sagt zwar in seiner Arbeit über die Fruchtbildung bei den Palmen[1]), dass man übereingekommen sei, die Wucherungen, wenn sie nur der Raphe zukommen, als Faltungen oder Einsackungen derselben zu bezeichnen, wenn sie sich dagegen an den Verästelungen derselben finden, mit dem Ausdruck »Rumination« zu belegen, und führt dann zur weiteren Charakterisierung der Rumination an: »Man erhält ein deutliches Bild der Rumination durch Querteilung des Samens, wo die rundlichen, elliptischen, lancettförmigen oder lang nadelförmigen Einstülpungen der Testa sich braun auf der weissen Fläche des Endosperms abheben.« Ich halte jedoch diese Trennung der beiden Fälle nicht für zweckmässig und schliesse mich vielmehr Voigt[2]) an, der in einer Bemerkung über den Samen von Chamaerops humilis sagt: »Chamaerops humilis zeigt neben den niedrigen Ruminationsvorsprüngen noch eine tief eingewachsene Raphe, wie sie auch sonst bei Palmen viel vorkommt,

1) Botan. Zeitung 1877, pag. 627—28.

2) Voigt, l. c. pag. 158.

diese Erscheinung beruht auf demselben Vorgange wie die Rumination und ist eigentlich nur ein Spezialfall derselben.« Auch ich betrachte also diese Erscheinung nur als einen Spezialfall und zwar für den einfachsten Fall einer normalen Rumination, der sich von den sonst als Ruminationen bezeichneten Fällen nur eben durch die Zahl der Auswüchse unterscheidet.

Betrachten wir nun die Palmensamen mit ersterer Ruminationsart, so ist dieselbe am einfachsten bei Phoenix dactylifera. Der Samen besitzt bekanntlich eine Längsfurche an der Raphenseite, in der Nähe der Spitze auch einige quer verlaufenden Runzeln, die jedoch, da sie einfache Einfaltungen der Samenschale sind, nicht in Betracht kommen. Die Längsfurche ist aber nicht eine einfache Einfaltung der Samenschale, die äussere Epidermis geht nicht tief bis zum Grunde der Einbuchtung, sondern überbrückt diese in etwa $^{2}/_{3}$ der Tiefe (Tab. III, 15).

In dieser Einbuchtung verlaufen die aus dem sich fast bis zur Mitte der Höhe des Samens erstreckenden Funikulus in schräger Richtung austretenden Leitbündel (Tab. III, 16); diese senden nach innen Zweige ab und bilden so eine Wucherung, die sich in zwei Zipfel teilt. Jeder Zipfel ist wiederum seitlich etwas ausgestülpt (Tab. III, 15).

Bei einer Livistona-Species, wahrscheinlich L. olivaeformis Mart., die in der Marburger Sammlung in Alkohol vorhanden war, ist die Rumination ähnlich, nur etwas ausgeprägter. Hier ist keine Einfaltung an der Raphenseite vorhanden, sondern die Samenoberfläche ist ganz gleichmässig, an der Raphenseite sogar noch etwas nach aussen vorgewölbt. Die Wucherung ist bedeutend mächtiger als bei Phoenix, sonst aber dieser ähnlich. Auch hier ist dieselbe in zwei Lappen geteilt, in welche Zweige der in der Raphe verlaufenden Leitbündel eintreten (Tab. III, Fig. 17). Dieselben teilen sich jedoch im Innern noch in drei Zweige, wodurch die Lappen wiederum drei Seiten-Ausstülpungen erhalten. Hier tritt der Charakter einer Rumination schon deutlicher hervor, da die beiden Lappen tiefer gespalten und die Seiten-Ausstülpungen deutlicher sind. Die beiden in das Endosperm hineinragenden Lappen entstehen dadurch, dass durch den Nabel zwei kräftige Leitbündelstränge in die Samenschale treten. Diese weichen aber bald auseinander, senden in das Innere des Samens Abzweigungen und bilden so die beiden Lappen (Tab. III, Fig. 18). Ähnlich, mehr oder minder mächtig, sind die Auswüchse bei den anderen Livistona-Species, die mir zur Verfügung standen, z. B. Livistona rotundifolia Mart., L. Jenkinsiana mit besonders mächtigen Auswüchsen, L. subglobosa und L. altissima.

Bei Licuala amplifrons tritt durch den Funikulus ein kräftiger Leitbündelstrang in den Samen, der anfangs parallel der Samenoberfläche verläuft. Bald aber biegt er scharf nach innen und veranlasst eine Wucherung, die fast in einem rechten Winkel nach der Spitze zu ver-

läuft, wie Fig. 19, Tab. III im Längsschnitt zeigt. Auf dem Querschnitt Tab. III, Fig. 20 sieht man, dass auch hier das Bestreben, sich zu teilen vorhanden ist. An der Biegung ist die Wucherung am stärksten. Bei Licuala celebica tritt die Teilung deutlich hervor, die Wucherung hat die Form eines Fischschwanzes. Ebenso bei Licuala spinosa Thunt.

Bei diesen einfachen Formen der Rumination ist es wohl unzweifelhaft, dass sie unabhängig von den Integumenten entstehen, also keine Fortsätze derselben sind. Sie sind vielmehr als ebenso entstanden anzusehen, wie die beiden zuerst über den Funikulus-Leitbündeln auftretenden und sich in die Samenknospe hineinwölbenden Wülste bei Areca Catechu. Während aber bei diesen wie auch bei den anderen Palmensamen mit dichterer Rumination von diesen Wülsten noch andere Ausstülpungen ausgehen, die dann später mehr oder minder mit einander anastomosieren, ist bei diesen einfachen Formen die Rumination nur auf die Bildung der beiden Vorwölbungen beschränkt geblieben.

Bei allen den Palmensamen mit dichter plattenförmiger Rumination, welche also Leitbündel in den Fortsätzen führen, sieht man, dass die Ausstülpungen vom Nabel aus sich ähnlich wie bei Areca Catechu ausbreiten oder aber doch, wenn die Raphe mächtig entwickelt ist, wie z. B. bei Thychosperma Alexandrae, Calyptrocalyx spicatus Rl., von dieser ausgehen. Voigts[1]) Abbildungen von der Samenknospe der von ihm untersuchten Pinanga Kuhlii deuten sogar direkt auf eine ähnliche Bildungsweise der Rumination wie bei Areca Catechu. Fig. 17 stellt einen medianen Längsschnitt durch eine junge Samenknospe dar mit einem Integument; Ruminationsvorsprünge sind noch nicht vorhanden. Fig. 19 dagegen zeigt uns einen solchen durch eine ältere, in welcher die Ruminationsvorsprünge bereits angelegt sind. Man sieht auch hier, dass die Chalazaregion sich bedeutend gestreckt hat und dass vom Funikulus schon bedeutende Vorsprünge in die Samenknospe gehen, während an der gegenüberliegenden Wandung nur unbedeutende, in der Gegend der Mikropyle gar keine Ausstülpungen vorhanden sind. Ob das einzige Integument mitgewachsen ist und wie weit es reicht, ist aus den nur in groben Umrissen gezeichneten Figuren nicht zu ersehen, jedenfalls ist aber auch hier anzunehmen, dass das einzige Integument nicht die ganze Samenknospe im älteren Stadium umschliesst.

Ob schliesslich bei den Palmensamen mit zweiter Ruminationsart, also mit nadelförmigen oder keulenförmigen Vorsprüngen, die unabhängig von den Leitbündeln entstehen, ebenfalls diese zuerst an der Funikulusseite gebildet werden, kann aus den reifen Samen, die mir nur zur Verfügung standen, nicht mehr ersehen werden. Bei Raphia taedigera, bei

---

1) Voigt, l. c. Tab. XX, Fig. 17, 19.

deren Samen wir nur wenige keulenförmige Vorsprünge haben, scheint die Zahl und Grösse der Vorsprünge auf der Raphenseite etwas stärker zu sein, als auf der gegenüberliegenden, bei den Calamus-Arten und anderen Samen mit dieser Ruminationsart waren die nadelförmigen Vorsprünge so zahlreich, dass auch hierin kein Unterschied gefunden werden konnte. Als Integumentfortsätze sind sie aber wohl ebenfalls nicht anzusprechen. Die Samenschale setzt sich nämlich aus zwei Schichten zusammen. Die äussere ist fest, besteht aus Steinzellen und führt kein Sekret. In dieser verlaufen die Leitbündel der Samenschale. Die innere ist weicher und besteht aus mit braunem, stark gerbstoffhaltigem Sekrete erfüllten Parenchymzellen. Von dieser Schicht biegen die Ausstülpungen papillenartig in das Innere des Samens. Offenbar ist diese braune Schicht der inneren, braunen, gerbstoffhaltigen Schicht des jungen Samens von Areca Catechu gleichwertig; da diese in den jungen Samenknospen sich nicht in die Integumente fortsetzt, sondern dicht vor denselben aufhört, so liegt die Vermutung nahe, dass dieses auch bei den Samenknospen der Raphia, Calameen-Arten u. s. w. der Fall ist, dass die Ausstülpungen dann auch hier, freilich nur papillenartige Auswüchse der Chalazaregion sind.

8. Ablagerung der Schutzstoffe der Arekasamen und Vergleich der Chemie anderer Ruminationen mit der Chemie der Ruminationen des Arekasamens.

Von den in dem Arekasamen vorkommenden chemischen Bestandteilen sind zuerst die Alkaloide von Interesse. E. Jahns[1]), der sich mit der Untersuchung dieser Alkaloide befasste, brachte in seiner Einleitung zu dieser Arbeit eine kurze, historische Übersicht über die bis dahin erschienenen chemischen Untersuchungen der Arekasamen, aus der ich kurz folgendes anführen möchte.

Die ersten Untersuchungen veröffentlichte Morin 1822 im Journal de Pharmacie. Er fand: Gallussäure, Gerbsäure, bittere Substanz, roten Farbstoff, Gummi, aetherisches Oel, fettes Oel, Faser, verschiedene Salze, wie essigsaures Ammonium, saure oxalsaure Salze, Mineralsalze, Eisenoxyd und Kieselsäure.

Fünfzig Jahre später stellten Flückiger und Hanbury eingehende Untersuchungen an. Sie stellten aus dem Arekasamen ein bei 39^0 schmelzendes Fett dar, aus dem sie ein bei 41^0 schmelzendes Fettsäuregemisch von Laurin- und Myristinsäure abschieden. Ferner stellten sie das Fehlen von Catechin fest und damit die Verschiedenheit des im europaeischen Handel vorkommenden, von Acacia und Gambir-Arten stammenden Catechu von dem aus Areca gewonnenen.

1) Archiv d. Pharmacie 1891.

Bombelon gewann zuerst ein flüssiges Alkaloid, welches er Arekan nannte, aus dem Arekasamen. Dieses sollte in Wirkung und chemischen Verhalten dem Nicotin ähnlich sein. Nach weiteren Untersuchungen von Lewin[1]) enthalten die Arekasamen 14—18 % Fett, dessen Schmelzpunkt bei 39,3—39,7 °C. liegt und das aus Myristin-, Oelsäure, vieleicht auch Palmitinsäure, zum grössten Teil aber aus Laurinsäure besteht. Ein Alkaloid konnte Lewin nicht erhalten; dagegen gewann er kleine Mengen eines farblosen, ätherischen Oeles von angenehmem Geruche und süsslichem, leicht brennendem Geschmacke. Hierauf folgt die oben angeführte Arbeit von E. Jahns. Derselbe stellte fünf Alkaloide aus dem Samen dar, nämlich das Cholin, Guvacin, Arekain, Arekaidin und das Arekolin, die er genau untersuchte, während ein sechstes, dem Guvacin wahrscheinlich ähnliches Alkaloid der geringen Menge wegen nicht eingehender geprüft werden konnte. Von diesen fünf Alkaloiden ist nach Marmé das Arekolin das wirksame, giftige und wurmtreibende Prinzip des Arekasamens, während die anderen Alkaloide vollständig unwirksam sind. Die Vergiftungserscheinungen des Arekolins sind ähnlich teils denen des Pelletierins, teils denen des Muskarins und Pilokarpins. Identisch ist dieses Alkaloid mit dem von Bombelon gefundenen Arekan. Es ist nach E. Jahn[2]) zu etwa 0,07—0,1 % in den Samen enthalten.

Das Arekolin ist eine flüchtige, farb- und geruchlose, ölige Flüssigkeit, die stark alkalisch reagiert und in Wasser, Alkohol, Aether und Chloroform leicht löslich ist. Die Salze des Arekolins, von denen das bromwasserstoffsaure am besten krystallisiert auch im Handel zu erhalten ist und daher von mir für die Reactionen benutzt wurde, liefern mit verschiedenen Alkaloidreagentien charakteristische Fällungen. Die eigentümlichste Reaction ist die mit Pikrinsäure, die aber leider nur in ziemlich konzentrierter Lösung des Arekolins eintritt. Die Reaction besteht darin, dass die Pikrinsäure mit dem Arekolin oder dessen Salzen, wie ich in Lösungen des bromwasserstoffsauren Salzes sah, kleine ölige Tropfen bildet, die aber schon nach etwa einer halben Minute zu eigentümlichen Sphaerokrystallen erstarren, in denen man sechs dunkle radiale Streifen und ausserdem eine feine, konzentrische Schichtung bemerkt. Leider konnte mit diesen Reagentien, wohl der geringen Menge des Alkaloids wegen, dieses nicht direkt in den Zellen der Schnitte selbst nachgewiesen werden. Trotzdem ist es nicht zweifelhaft, dass es sich nur in den Ausstülpungen befindet, wie aus den folgenden Versuchen hervorgeht. Jahns Bemerkung, dass die Alkaloide an Gerbsäure gebunden seien, gewinnt durch die Versuche ebenfalls an Wahrscheinlichkeit; denn nur in den Ruminationen ist Gerbstoff vorhanden.

---

1) Lewin, l. c. pag. 60—63.

2) Berlin chem. Berichte 1888 pag. 3404.

Zum Nachweis der Alkaloide wurde das empfindlichste Reagens, das Kaliumwismuthjodid, benutzt, welches mit den Arekolinsalzen einen aus mikroskopisch kleinen Krystallen bestehenden granatroten Niederschlag giebt. Um zu entscheiden, ob das Alkaloid im Endosperm oder den Ruminationen vorhanden ist, wurde zunächst folgender Weg eingeschlagen:

0,5 grm. Endosperm, sorgfältig aus der Mitte des Samens herauspräpariert, wurden mit 2,0 Essigsäure und 10,0 Wasser 2 Tage bei einer Temperatur von 20—25° C. stehen gelassen; desgleichen in derselben Weise 0,5 grm. möglichst vom Endosperm befreiter Stücke der Ruminationen. In einer Probe der ersteren Maceration entstand durch Wismuthjodid-Jodkalium ein schwacher, gelblicher Niederschlag, im Filtrat der zweiten aber eine bedeutende, rote Fällung. Bessere und entscheidendere Resultate lieferte folgende Methode. Einige nicht zu dünne Schnitte aus dem Endosperm ohne Rumination wurden mit einem Tropfen verdünnter Essigsäure und etwas Wasser auf dem Objektträger wiederholt unter Ergänzung des verdunsteten Wassers über der Flamme erwärmt. Nach dem Erkalten liess ich dann zu der Flüssigkeit vorsichtig einen Tropfen der Wismuthjodid-Jodkalium-Lösung zufliessen. Es entstand hier nur eine gelbe Zone an der Berührungsfläche der beiden Flüssigkeiten, während sich bei einem in derselben Weise angestellten Versuche mit Stückchen der Rumination, sofort ein ziegelroter Niederschlag bildete.

Die charakteristischen Sphaerokrystalle mit Pikrinsäure hervorzurufen, gelang mir auch hier nicht, da die Arekolinmenge in diesen paar Schnitzeln zu gering ist, und auch, wie weiter unten gezeigt wird, der grosse Gehalt an Gerbstoff störend auf die Bildung derselben einwirkt. Dass aber auch im Auszug des Endosperms ein Niederschlag entsteht, der allerdings sehr schwach ist, kann vielleicht so erklärt werden, dass beim Trocknen der Samen — die Versuche wurden mit troknen Samen, wie dieselben im Handel vorkommen, angestellt — ein Teil der Alkaloide aus den Ruminationen in die daneben liegenden Zellen des Endosperms diffundieren. Da ferner bei dem Arekasamen die Ruminationen sehr dicht liegen, so kann auch etwas von denselben mit abgeschabt worden sein. Die Annahme, dass die Alkaloide nur in den Ruminationen ihren Sitz haben, wird noch weiter durch die Untersuchung des Samens von Raphia taedigera Mart. unterstützt. Hier sind die Ausstülpungen der Samenschale im Verhältnis zum Samen nur kleine, keulenförmige Einsprünge in das feste, hornartige Endosperm. Sie sind nur in geringer Anzahl vorhanden und mit sehr viel Gerbstoff angefüllt. Es liess sich hier leicht etwas von dem Endosperm abschaben, ohne von den Ruminationen etwas mitzubekommen. Wurden solche Schnitzel auf dem Objektträger in der oben angegebenen Weise behandelt, entstand durch Wismuthjodid-Jodkalium kein Niederschlag, wohl aber in einem ebenso bereiteten Auszuge aus den Rumi-

nationen, wenn auch in schwächerem Masse als bei dem Arekasamen. Auch hier ist also ein Alkaloid vorhanden, das sich in den Ruminationen befindet. In der gleichen Weise angestellte Versuche mit den Samen von Livistona mauritieformis Hk. und Sabal Adansonii Guers. ergaben keine Reaktionen auf Alkaloide weder im Endosperm noch in den Ruminationen.

Um zu sehen, ob das Arekolin fertig in den Samen enthalten, oder vielleicht als Zersetzungsprodukt bei der Darstellung der Alkaloide entstanden sei, wurden 200 grm. groben Pulvers des Arekasamens zweimal mit einem Gemisch von 1 Teil verdünnter (30%) Essigsäure und 9 Teilen Wasser ausgezogen. Zum ersten Male wurden sie mit 1000 grm. dieses Gemisches 6 Tage bei einer Temperatur von 20—25° C., das zweite Mal mit 500 grm. 5 Tage bei derselben Temperatur maceriert. Die vereinigten, rotbraun gefärbten Filtrate wurden dann zur Syrupsdicke eingedampft. Ein Tropfen dieses Extraktes auf dem Objektträger mit einem Tropfen Wasser verdünnt und mit einem Tropfen Pikrinsäurelösung vom Rande aus versetzt, gab eine Reaktion. Es schieden sich kleine Tröpfchen aus, die ebenfalls erstarrten und mehr oder weniger gut ausgebildete Sphaerokrystalle lieferten, welche allerdings nicht ganz die Form und das Aussehen der in reiner Arekolinhydrobromat-Lösung entstandenen Sphaerokrystalle zeigten, was wohl darin seinen Grund hatte, dass sich in dem Auszuge noch sämtliche Verunreinigungen befanden. Vor allen Dingen ist der Gerbstoff von grossem Einfluss auf die Bildung der Sphaerokrystalle, wovon ich mich überzeugte, indem ich eine konzentrierte Lösung von Arekolinhydrobromat, die rein mit Pikrinsäure wunderschöne Sphaerokrystalle lieferte, mit Tannin versetzte, und nun mit Pikrinsäure prüfte. Es zeigte sich, dass bei wenig Tannin die Form wesentlich beeinflusst, bei mehr Tanninzusatz aber die Bildung der Krystalle überhaupt verhindert wird. Es kann also das Vorkommen von Arekolin in diesem unreinen Auszuge als sicher angenommen werden.

Um das Arekolin nun möglichst rein zu erhalten, wurde der Auszug zum grössten Teile nach der von E. Jahns angegebenen Methode behandelt. Das Extrakt wurde mit Bariumkarbonat und Wasser gekocht, das Filtrat mit dem Waschwasser zur Syrupskonsistenz eingedampft, dann mit konzentrierter Bariumhydroxydlösung versetzt und sofort mit Aether ausgeschüttelt. Nach Verdunstung des Aethers auf einem Uhrglase blieb eine kleine Menge weisslicher, fettartiger Masse zurück. Diese mit einer Spur Wasser verrieben, ergab mit Pikrinsäure die schönsten Sphaerokrystalle, die nicht nur die Form, sondern auch das Aussehen der mit reiner Arekolinhydrobromatlösung erhaltenen Sphaerokrystalle zeigten. Sehr deutlich waren die sechs dunkelen radialen Streifen und die konzentrische Schichtung zu sehen. Auch die übrigen Reaktionen mit Wismuthjodid-Jodkalium, Phosphormolybdänsäure und Quecksilberjodid-Jodkalium traten ein.

Ausser den Alkaloiden befindet sich in den Vorsprüngen noch der schon mehrfach erwähnte Gerbstoff, welcher mit verdünnter Eisenchloridlösung eine dunkelgrüne Färbung giebt. Derselbe ist in so beträchtlicher Menge in den Ruminationen enthalten, dass die Benutzung der Samen zum Gerben und Färben vorgeschlagen worden ist [1]). Auch bei den übrigen Palmensamen mit Ruminationen ist in diesen Gerbstoff enthalten. Bei Phoenix ist er ein eisenbläuender, während er in den übrigen Fällen mit Eisenchlorid eine dunkel-grüne bis schwarze Farbe erzeugt. Durch besonders reichlichen Gerbstoffgehalt zeichnen sich die Samen von Raphia vinifera Pal. B. und R. taedigera Mart. aus, bei welchen in den dicken keulenartigen Vorsprüngen dunkele, glänzende, glasige Massen von Gerbstoff enthalten sind. Auch bei Calamus asperrimus Bl. und einer anderen Calamus-Species waren die sehr zahlreichen, feinen, nadelartigen Vorsprünge der Samenschale mit glänzenden, schwarz-braunen Gerbstoffmassen dicht erfüllt, ebenso wie die innere Partie der Samenschale selbst Gerbstoff enthält. Umgeben ist der Samen von einer fest ansitzenden, dicken Schicht, welche ebenfalls aus einer braunen, glasigen, spröden Masse besteht, die nach Voigt [2]) schon in jungem Stadium zwischen Fruchtwand und Samenknospe auftritt und auch dann schon gerbstoffreich ist. In anderen Fällen ist der Inhalt der Ruminationen nicht so glänzend und so dunkel gefärbt. Er ist fast braunrot, z. B. bei den Livistona-Arten, besonders bei Livistona Jenkinsiana, mehr dunkler bei Caryota urens L., C. sobolifera Mart., Calyptrocalyx spicatus Bl., Euterpe oleracea Mart., Ptychosperma Alexandrae, Pinanga Kuhlii Bl. und Areca glandiformis Bl. Ob bei allen diesen Samen sich auch Alkaloide in den Vorsprüngen finden, wurde nicht untersucht. Sie fehlen, wie schon erwähnt in den Ausstülpungen von Livistona mauritieformis und Sabal Adansonii Guersuent.

Vergleicht man nun die Inhaltsstoffe in den Ruminationsvorsprüngen der Palmen mit denen in den Ausstülpungen der Samen in den anderen Familien, so muss zuerst wieder darauf hingewiesen werden, dass wir bei Hedera Helix und Coccoloba keine wirklichen Ausstülpungen der Samenschale vor uns haben. Trotzdem haben auch hier wohl in biologischer Beziehung diese dem Samen ein ruminiertes Aussehen verleihenden Einfaltungen der Samenschale dieselbe Bedeutung, wie die Ruminationen bei den Palmen. Auch hier ist in den Überresten der Samenschale Gerbstoff enthalten. Bei Coccoloba uvifera L. z. B. in grosser Menge.

Dergleichen Einfaltungen der Samenschale, durch welche die Samen ein marmoriertes Aussehen erhalten, finden sich, wie schon erwähnt, auch bei den Palmen, z. B. bei Thrinax argentea Mart. Auch hier be-

---

1) Lewin. l. c. pag. 87.
2) Voigt. l. c. pag. 155.

findet sich Gerbstoff in den Einfaltungen. Von den Ebenaceen standen mir nur reife Samen von Diospyros melanoxylon Rosg. und D. mespiliformis Hochst. zur Verfügung. Beide führen in ihren Ruminationen reichlich Gerbstoff. Die Zellen derselben sind in radialer Richtung stark gestreckt und mit dunkelbraunem Farbstoff erfüllt. Leitbündel treten nicht in dieselben ein.

Von den Myristicaceen erhielt ich von Herrn Dr. Warburg, Berlin, in liebenswürdigster Weise folgende Samen: Myristica argentea Warb., M. malabarica Lan., M. subalulata Miq., Virola sebifera Anbl., V. surinamensis Warb., V. guatemalensis Warb., V. bicahyba Warb. var. Schenckii Warb. und Horsfieldia sylvestris Warb. Von diesen ist nur Myristica argentea Warb. aromatisch und enthält wie Myristica fragrans ätherisches Öl in den Rumiationen. Bei den übrigen befindet sich in den Vorsprüngen ein nicht riechendes, bräunliches, nicht näher bekanntes Sekret, daneben aber auch oft, wie bei Myristica subalulata Miq. z. B., ein schwacher Gerbstoffgehalt.

Die Ruminationen bei den Anonaceen verhalten sich bezüglich ihres Inhaltes anders als in den besprochenen Fällen. Bei Anona squamnosa L. und A. muricata L. enthalten sie nur ganz geringe Mengen Gerbstoff, die nicht in Betracht kommen, auch keine Sekrete oder Alkaloide. Dagegen aber befindet sich bei diesen wie bei Uvaria Lowii in den die Ausstülpungen der Samenschale umkleidenden und erhalten bleibenden Resten des Nucellusgewebes, also dem Perisperm, grosse Sekretbehälter, sodass also hier das Perisperm die Schutzstoffe enthält. Bei Alphonsea ceramensis und Artabotrys Blumii werden nach Voigt keine Sekretbehälter gebildet. Ob hier dann in den Ausstülpungen irgend ein Sekret oder sonstiges Schutzmittel liegt, konnte ich, da mir keine Samen zur Verfügung standen und Voigt es unerwähnt lässt, nicht feststellen, doch ist es unwahrscheinlich, dass diese beiden Ausnahmen bilden. Es würden also diese Untersuchungen, in denen ich zeigen konnte, dass alle mir zu Gebote stehenden Samen mit kräftig entwickelten Ruminationen in diesen Sekretbehälter, Gerbstoff oder Alkaloide führen, die in der Einleitung erwähnte Hypothese von Herrn Prof. Arthur Meyer in hervorragendem Masse stützen.

9. Die Embryonen des Arekasamens und anderer Palmensamen.

Der Embryo des Arekasamens bietet manches Interessante. Er besitzt, wie durchgängig alle Palmenembryonen, eine fast spitz zulaufende, kegelförmige Gestalt, eine Höhe bis zu 5 mm., an der Basis einen Durchmesser bis zu 4 mm, ist also im Verhältnis zum Samen ziemlich klein. Er sitzt aufrecht am Grunde des Samens in einer Höhlung des Endosperms mit der

breiten Basis der im reifen Samen nicht mehr wahrnehmbaren Mikropyle zugewendet, nach aussen nur durch die Samenschale bedeckt.

Betrachtet man die Basis des frischen, oder des aus dem trockenen Samen herauspräparierten und in ganz verdünnter Kalilauge aufgequollenen Embryos von der Fläche, so bemerkt man schon mit blossem Auge eine stärkere, rundliche Erhöhung, daneben einen dunkleren Punkt. Die Erhöhung deutet die Lage der Plumula an, während der dunkele Punkt die Endigung der Wurzel anzeigt, wie ein Längsschnitt durch den Embryo, der durch diese beiden Stellen geht, zeigt (III. Fig. 21). Die Knospe und die Wurzel liegen also dicht beisammen an ein und derselben Seite des Embryos. Vergleicht man diesen Embryo mit einem normalen Monokotyledonen-Embryo, z. B. mit dem von Alisma Plantago oder Hemerocallis flava, so scheint er auf den ersten Blick sehr abweichend gebaut zu sein. Bei diesen fällt die Wachstumsachse der Knospe mit der des Kotyledon wie der Wurzel zusammen. Dies finden wir auch bei den Embryonen von Phoenix, Livistona, Licuala, Sabal u. s. w. wieder. Auch bei diesen sind die Embryonen kugelförmig, an der Basis etwas vorgewölbt. Die Wurzel ist im Vergleich zu dem mächtig angeschwollenen Kotyledon klein und liegt senkrecht unter der Knospe, welche von dem Kotyledon umgeben wird, bis auf eine seitlich mündende enge Keimspalte (III. Fig. 22). Bei Areca Catechu hat also eine Drehung der Wachstumsachse der Knospe wie der Wurzel um 90° stattgefunden, gleichzeitig mit einer Biegung der Wurzel und der Plumula. Übergänge zu dieser auffallenden Stellung, die sich auch bei anderen Areca-Species, z. B. bei Areca glandiformis Rb., findet, kann man beim Vergleichen mit anderen Palmenembryonen genug finden. So nähert sich die Lage und die Richtung der Wachstumsachse der Knospe und der Wurzel im Embryo von Euterpe montana Grah. und Raphia taedigera Mart. mehr derjenigen bei Phoenix dactylifera, indem dieselbe hier schräg aufrecht liegt, ohne gebogen zu sein. Taf. III. Fig. 23 stellt einen Längsschnitt durch den Embryo von Euterpe montana Grah. dar. Bei Calyptrocalyx spicatus Bl. (III. Fig. 24) ist bereits eine Krümmung, die aber nicht so bedeutend wie bei Areca ist, eingetreten. Die Wachstumsachse der Wurzel bildet mit der der Knospe fast einen rechten Winkel.

Dass der ganze, oberhalb der Knospe und der Wurzel befindliche Teil als Kotyledon anzusehen ist, unterliegt wohl keinem Zweifel. Er ist von zahlreichen Leitbündelanlagen, Prokambiumsträngen, durchzogen, die einerseits in die Blattanlagen der Knospe, andererseits in die Wurzel einbiegen. Vom sog. Primordialknoten biegen sie strahlenförmig gegen die Peripherie des Kotyledons und verlaufen dann längs derselben, ohne sich an der Spitze zu vereinigen; ein Querschnitt durch den Kotyledon zeigt dieselben daher zu einem Kreise angeordnet.

In den meisten Fällen verlaufen diese Leitbündelanlagen, ohne sich zu

verzweigen; in einigen Fällen, wie bei Areca Catechu, Phytelephas macrocarpa Hook., und Chamaerops humilis war eine Verzweigung zu bemerken. Wie der Embryo von Areca Catechu sich bei der Keimung verhält, konnte nicht untersucht werden, da weder von dieser noch von einer anderen Areca-Art frische, keimfähige Samen zu erhalten waren. Wahrscheinlich aber erfolgt der erste Teil der Keimung ähnlich wie bei Phönix, indem der ganze untere Teil des Embryos, also die Knospe mit dem Würzelchen, aus den Samen durch die Volumzunahme des Kotyledons herausgedrängt wird.

Von weiterem Interesse ist das massenhafte Vorkommen von Raphiden im Embryo. Sie befinden sich hauptsächlich, ja fast nur an der Basis, die Knospe und die Wurzel gleichsam mit einer Scheide umgebend und von hier aus strahlenförmig auseinander weichend. In besonderer Menge finden sie sich an dem Wurzelende, begleitet von mit braunem Inhalt versehenen, gerbstoffhaltigen Sekretzellen. Letztere liegen in grosser Anzahl an der Austrittstelle der Wurzel und bilden den oben erwähnten dunkelen Punkt auf der Basis des Embryos. Dieses Vorkommen von Raphiden findet sich nicht vereinzelt bei den Palmenembryonen. Während meiner Arbeit ersah ich aus einem kurzen Referat in dem Beihefte Nr. 6 des botan. Centralblattes von 1892, dass H. Michels auf das Vorkommen von Raphiden in den Embryonen von Ptychosperma Alexandrae und einer Caryota-Spec. aufmerksam machte. Weitere Angaben in der Litteratur über das Vorkommen von Raphiden in Embryonen habe ich nicht gefunden. Ausser bei Areca Catechu und Ptychosperma Alexandrae fand ich Raphiden, stets begleitet von mehr oder minder zahlreichen Sekretbehältern, in den Embryonen von Euterpe montana Grah., E. edulis Mart., E oleracea Mart., Pinanga Kuhlii Bl., Caryota urens L., C. sobolifera Mart., Calyptrocalyx spicatus Bl., Areca glandiformis Bl. u. s. w.

Wie aus der weiter unten folgenden Übersicht über die untersuchten Palmenembryonen hervorgeht, scheinen die Raphiden nur in der Unterfamilie der Ceroxylinae vorzukommen und in dieser in einem gewissen Zusammenhange mit der Rumination zu stehen. Jedenfalls sind in allen den untersuchten Samen dieser Unterfamilie, die sich durch eine dichte Rumination auszeichnen, auch Raphiden in den Embryonen. Oft waren sie in sehr grosser Anzahl mit Sekretbehältern zusammen vorhanden, fast immer nur auf die Basis des Embryos beschränkt. In den meisten Fällen war in den Raphidenzellen kein Sekret zu erkennen, in anderen aber umhüllte ein dunkel-braunes Sekret die Raphiden. Bei Caryota urens z. B. befanden sich diese in einem so dunkel gefärbten Sekret, dass erst nach Aufhellung desselben die Raphiden zum Vorschein kamen. Doch muss hierbei bemerkt werden, dass in diesem Falle nur alte, in Alkohol aufbewahrte Samen, zur Untersuchung genommen werden konnten.

Ein Zusammenhang des Vorkommens von Raphiden im Embryo mit dem der Rumination des Samens ist nicht schwer verständlich. Offenbar ist die Rumination eine Schutzvorrichtung, die das Endosperm den jungen Pflänzchen vor den Angriffen von kleinen Tieren bewahren soll. Hierauf zeigt wenigstens der starke Gehalt an Gerbstoff und das Vorkommen der Alkaloide, des ätherischen Öles oder anderer Sekrete in den Ruminationsvorsprüngen. In Beziehung dazu ist auch bei allen diesen Samen die Fruchtschale weniger hart ausgebildet. Wir finden bei keinem dieser Samen eine so starke, feste Hartschicht, wie z. B. bei Cocos, Elaeis u. s. w. Die Schuppenpanzer der Calameenfrüchte, die allerdings ziemlich hart sind, vermögen ebenfalls ihrer leichten Brüchigkeit wegen den Samen nicht vollständig zu schützen. Der Schutz, welchen diese dichten Ruminationen gewähren, würde aber noch unvollkommen sein, wenn das junge Pflänzchen nicht selbst auch beim Austreten aus dem dasselbe schützenden Samen mit Schutzvorrichtungen versehen wäre. Diese bestehen in den Raphiden und den Gerbstoff enthaltenden Sekretzellen, und würde sich so das fast ausschliessliche Vorkommen derselben an der Basis der Embryonen erklären lassen.

Folgende Übersicht der untersuchten Palmensamen mag das Verhältnis zwischen Rumination und Raphiden einerseits und zwischen Rumination und Fruchtbildung andererseits verdeutlichen und damit als eine weitere Bestätigung der von Herrn Prof. Arthur Meyer ausgesprochenen Hypothese, dass die Ruminationen Schutzvorrichtungen darstellen, dienen.

Unterfam. I. Coryphinae.

I. 1. Coryphinae-Phoeniceae.

Phoenix dactylifera L. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretbehälter. Samen mit flacher Ausstülpung an der Raphe. Hartschicht sehr dünn, häutig. Frucht eine Beere.

I. 2. Coryphinae-Sabaleae.

Chamaerops humilis L. Embryo ohne Raphiden und Sekretbehälter. Samen locker ruminiert. Frucht eine Beere, Hartschicht dünn.

Trachycarpus excelsa Wendl. Embryo ohne Raphiden und Sekretbehälter. Samen mit einer Ausstülpung an der Raphenseite. Frucht eine Beere, Hartschicht dünn.

Thrinax argentea Mart. Embryo ohne Raphiden und Sekretbehälter. Samen mit 5 Einbuchtungen der Samenschale, Frucht eine Beere mit dünner Hartschicht.

Licuala amplifrons. Embryo ohne Raphiden und Sekretzellen. Samen mit Ausstülpung an der Raphe. Frucht eine Beere mit dünner Hartschicht.

Livistona-Species. Embryonen ohne Raphiden und Sekretzellen. Samen mit Ausstülpungen an der Raphe. Früchte sind Beeren mit dünner Hartschicht.

Sabal Adansonii Guers. Embryo ohne Raphiden und Sekretzellen. Flache Ausstülpung an der Raphe. Frucht eine Beere mit dünner Hartschicht.

Unterfam. II. Borassinae.

II. 3. Borassinae-Borasseae.

Medemia Argun. Embryo ohne Raphiden und Sekretbehälter. Samen mit nicht sehr zahlreichen, nadelförmigen Ruminationen. Hartschicht holzig, ziemlich dünn.

Unterfam. III. Lepidocaryinae.

III. 4. Lepidocaryinae-Mauritieae.

Mauritia spec. Embryo ohne Raphiden, einzelnen Sekretzellen an der Basis, ohne Rumination. Frucht eine Panzerbeere.

Lepidocaryum gracile Mart. Embryo ohne Raphiden, einzelne Sekretzellen an der Basis. Ohne Rumination. Schuppenbeere. Endokarp dünn.

III. 5a. Lepidocar.-Metroxyleae-Raphieae.

Raphia taedigera Mart. Embryo ohne Raphiden und Sekretbehälter. Samen mit nicht zahlreichen, keulenförmigen Ruminationen. Frucht eine Panzerbeere.

III. 5b. Lepidocar.-Metrox.-Calameae.

Calamus spec. Embryo ohne Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht nadelförmig ruminiert. Panzerbeere.

Calamus asperrimus Bl. Embryo ohne Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht nadelförmig ruminiert. Panzerbeere.

Unterfam. IV. Ceroxylinae.

IV. 6a. Ceroxyl.-Arecineae-Caryoteae.

Caryota urens L., Embryo mit langen Raphiden und zahlreichen Sekretzellen. Samen dicht nadelförmig ruminiert. Hartschicht dünn, häutig.

Caryota sobolifera Mart. Embryo mit zahlreichen Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht nadelförmig ruminiert. Hartschicht dünn, häutig.

Arenga saccharifera Lab. Embryo ohne Raphiden, mit vereinzelten Sekretzellen. Keine Rumination. Samen in einem Steinkern eingeschlossen.

Orania macrocladus Mart. Embryo ohne Raphiden, ohne Sekretzellen. Keine Rumination. Endokarp hart, daher die Frucht steinbeerartig.

Wallichia porpyrocarpa. Embryo mit zahlreichen Raphiden, ohne Sekretzellen. Ohne Rumination. Samen in dünnem Endokarp.

IV. 6c. Ceroxylin.-Arecineae-Iriarteae.

Ceroxylon Andicola H. B. Kth. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Endokarp dünn.

IV. 6e. Ceroxylin.-Arecin.-Areceae.

Oreodoxa oleracea Mart. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Frucht eine Beere, mit dünner Hartschicht.

Calyptrocalyx spicatus Bl. Embryo mit zahlreichen Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Euterpe montana Grah. Ganz vereinzelte Raphiden an der Basis des Embryos, viele Sekretbehälter. Samen ohne Rumination. Hartschicht dünn.

Euterpe edulis Mart. Raphiden nicht in grosser Anzahl im Embryo, Sekretzellen. Samen mit schwacher Ausstülpung an der Raphe. Hartschicht dünn.

Euterpe oleracea Mart. Zahlreiche Raphiden, Sekretzellen im Embryo. Samen mit dichter Rumination. Hartschicht dünn.

Ptychosperma Alexandrae F. v. M. Embryo mit Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Pinanga Kuhlii Bl. Embryo mit zahlreichen Raphiden und einzelnen Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Areca Catechu L. Embryo mit zahlreichen Raphiden und Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Areca glandiformis Bl. Embryo mit zahlreichen Raphiden und mit Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Oenocarpus Bataua Mart. Embryo mit Raphiden und zahlreichen Sekretzellen. Samen dicht ruminiert. Hartschicht dünn.

Oenocarpus Bacaba Mart. Embryo mit Raphiden und Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Hartschicht dünn.

IV. 7a. Ceroxylin.-Cocoin.-Elaeideae.

Elaeis guineensis Jacq. Embryo ohne Raphiden und Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Hartschicht sehr dick und hart.

IV. 7b. Ceroxyl.-Cocoineae-Attaleae.

Attalea Guichire. Embryo ohne Raphiden, ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Hartschicht dick. Steinfrucht.

Cocos australis. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Hartschicht dick und fest. Steinfrucht.

Bactrideae.

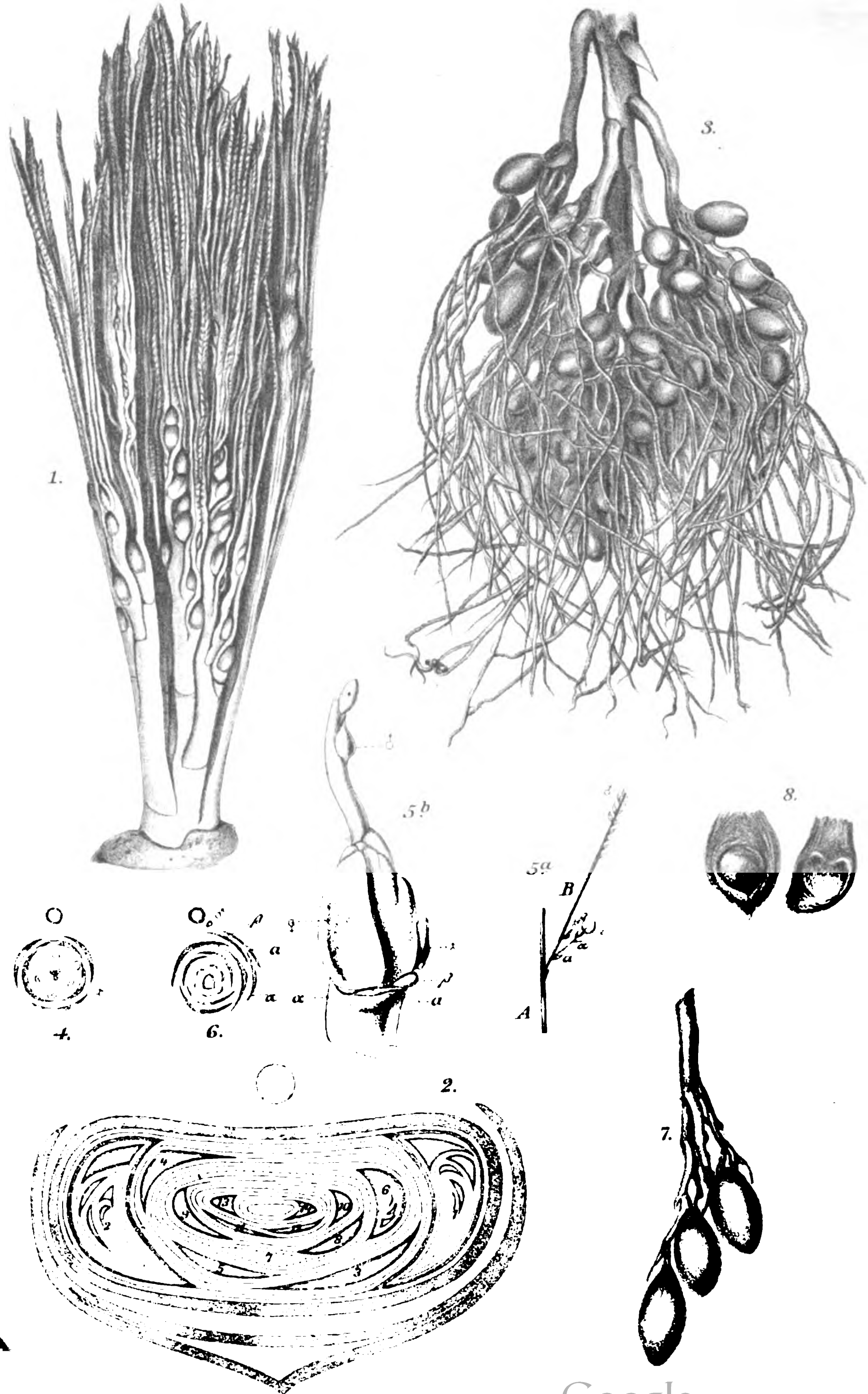
Acrocomia sclerocarpa Mart. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Samen in einem Steinkern eingeschlossen.

Unterfam. V. Phytelephantinae.

Phytelephas macrocarpa Hook. Embryo ohne Raphiden und ohne Sekretzellen. Samen ohne Rumination. Fruchthülle mit hart-holzigen Protuberanzen.

Zum Schluss sei es mir gestattet, Herrn Professor *Arthur Meyer* meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Auch will ich nicht unterlassen, den Herren Professoren *Dr. Sadebeck*, Hamburg, *Dr. Schumann*, Berlin, wie Herrn Privatdocent *Dr. Warburg*, Berlin, für freundliches und bereitwilliges Überlassen von Untersuchungsmaterial auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszudrücken.

Taf. I.



Figurenerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Abbildung eines jungen Blütenstandes nach Entfernung der Spatha. $^1/_4$ der nat. Grösse.

Fig. 2. Diagramm der Verzweigung des Blütenstandes.

Fig. 3. Abbildung eines Stückes eines Fruchtstandes mit jungen, noch weichen Früchten. $^1/_4$ der nat. Grösse.

Fig. 4. Diagramm der ♂ Blüte.

Fig. 5a Schema des ♀ Blütenstandes.

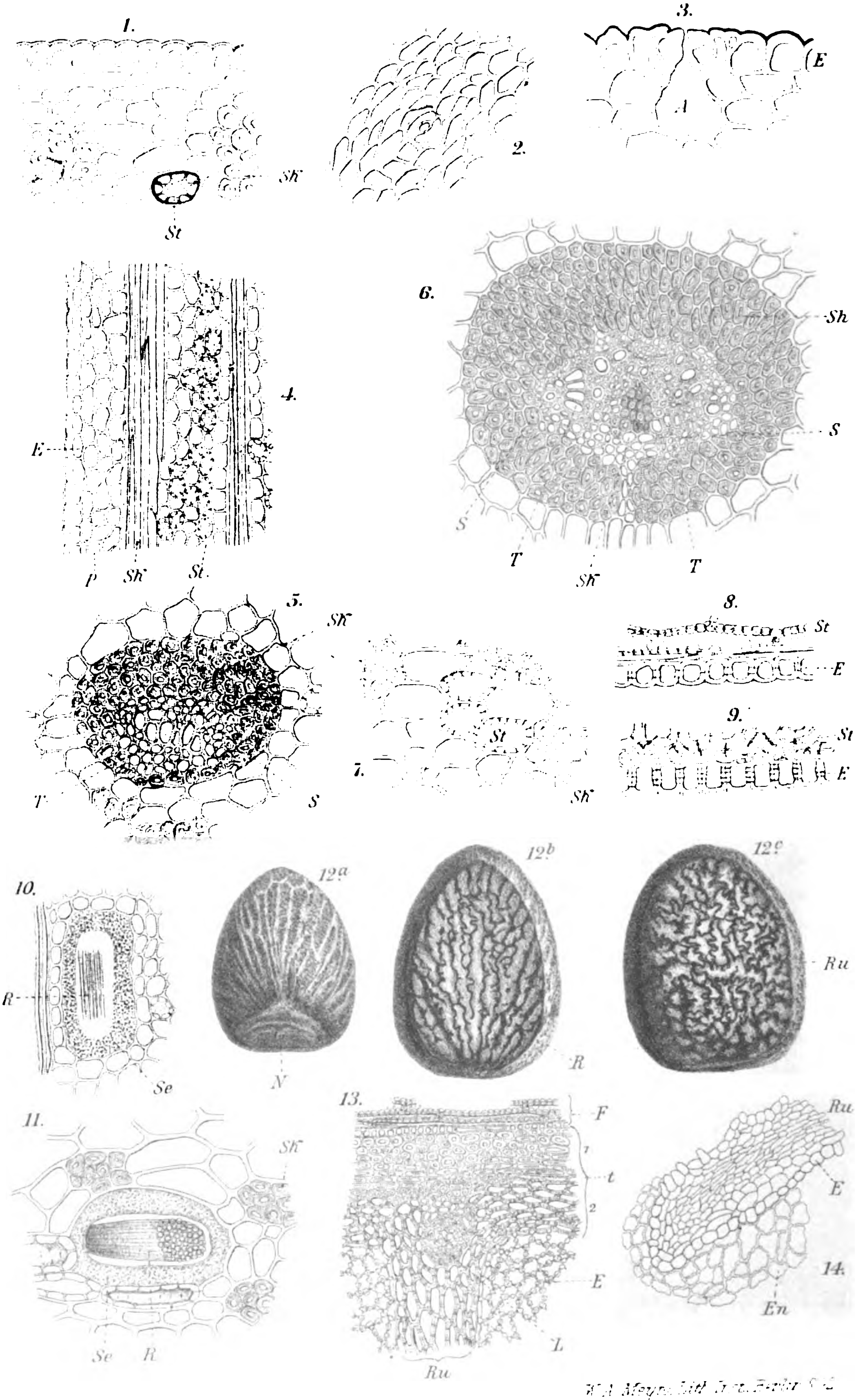
Fig. 5b. Einzelne ♀ Blüte.

Fig. 6. Diagramm der ♀ Blüte.

Fig. 7. Drei reife Früchte. $^1/_4$ der nat. Grösse.

Fig. 8. Trockene Frucht durchschnitten. $^1/_4$ der nat. Grösse.

Taf. II.



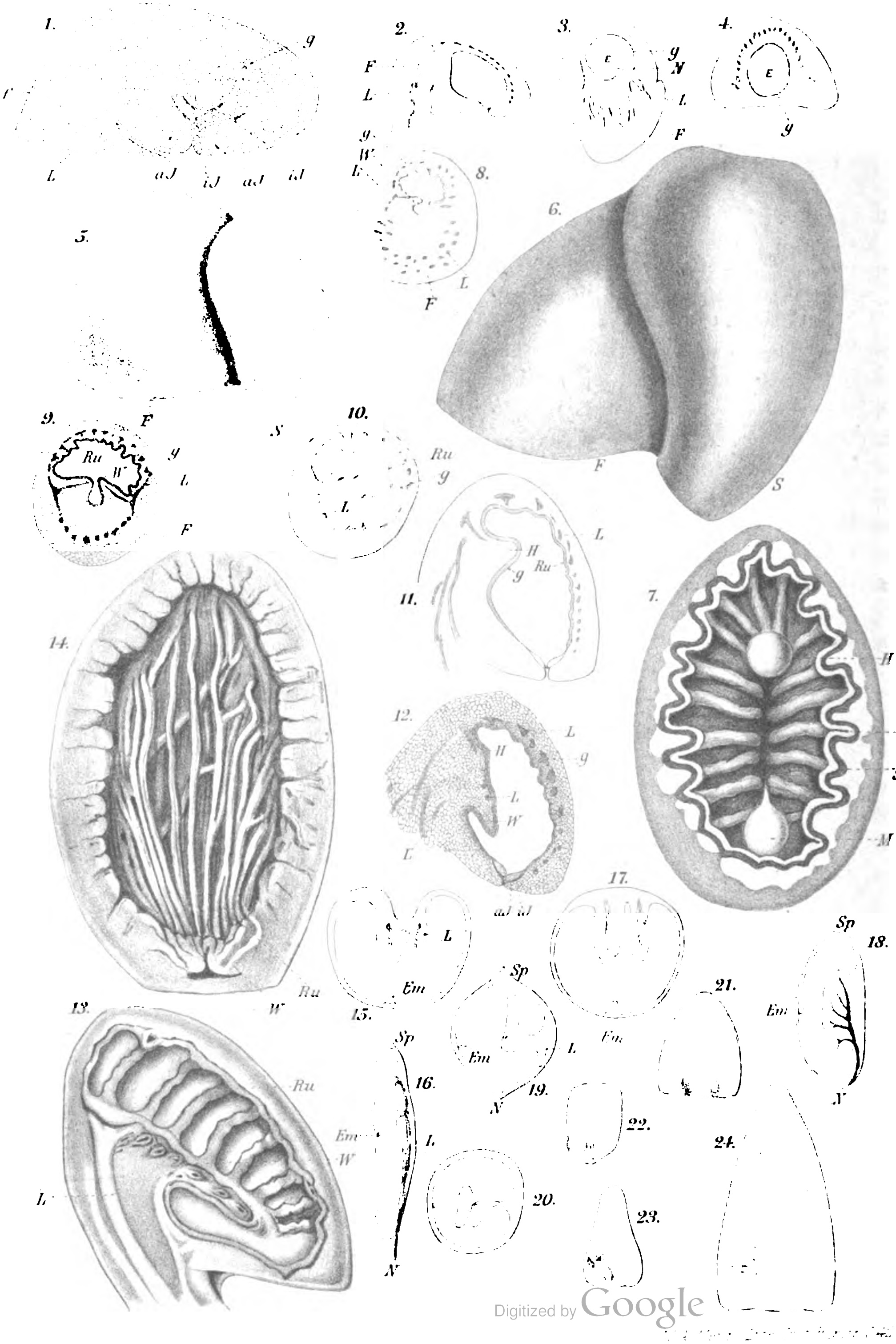
W. A. Meyn lith. Inst. Berlin S.O.

Figurenerklärung.

Tafel II.

E = Epidermis, *P* = Parenchym.
Sk = Sklerenchymfaser, *A* = Atemhöhle.
St = Steinzellen, *S* = Siebröhren.
T = Tracheen, *R* = Raphiden.
Se = Sekret, *F* = Fruchtschale.
t = Testa, *En* = Endosperm.
Ru = Rumination, *N* = Nabel, *L* = Leitbündel.

Fig. 1. Querschnitt durch die äussere Partie der Fruchtschale 1 : 775.
Fig. 2. Äussere Epidermis der Fruchtschale von der Fläche. Vergr. 782.
Fig. 3. Spaltöffnung quer. Vergr. 950.
Fig. 4. Radialer Längsschnitt durch die äussere Partie der Fruchtschale. Vergr. 650.
Fig. 5. Querschnitt durch ein kleines Leitbündel. Vergr. 400.
Fig. 6. Querschnitt durch ein grösseres Leitbündel. Vergr. 400.
Fig. 7. Stück eines Querschnitts aus der äusseren Partie der Fruchtschale. Vergr. 400.
Fig. 8. Innere Partie mit innerer Epidermis der Fruchtschale quer. Vergr. 400.
Fig. 9. Desgleichen im radialen Längsschnitt. Vergr. 400.
Fig. 10. Sekretzelle mit Raphiden im Längsschnitt. Vergr. 400.
Fig. 11. Desgleichen im Querschnitt. Vergr. 400.
Fig. 12a. Reifer Samen von der Raphenseite gesehen. Nat. Grösse.
Fig. 12b. Desgleichen an der Raphenseite längs durchschnitten.
Fig. 12c. Desgleichen an der der Raphenseite gegenüberliegenden Seite durchschnitten.
Fig. 13. Querschnitt durch die Samenschale. Vergr. 400.
Fig. 14. Querschnitt durch die Rumination eines jüngeren Samens. Vergr. 400.


1.
g
L
aJ
iJ
2.
F
L
g
W
3.
g
N
L
F
4.
g
5.
6.
F
S
7.
H
W
g
M
8.
L
F
9.
Ru
W
g
L
F
S
10.
Ru
g
L
11.
H
Ru
L
12.
L
H
W
13.
Ru
Em
W
14.
15.
Em
16.
Sp
N
17.
Em
18.
Sp
Em
N
19.
Sp
Em
L
N
20.
21.
22.
23.
24.

Figurenerklärung.

Tafel III.

L = Leitbündel, *g* = Gerbstoffschicht.
a. I. äusseres-, *i. I.* inneres Integument.
F = Funikulus, *E* = Embryosack.
W = Wülste, *H* = Höcker, *Sp* = Spitze.
N = Nabel, *Ru* = Rumination, *S* = Samenknospe.

Fig. 1. Medianer Längsschnitt durch eine junge Samenknospe. Vergr. 500.

Fig. 2. Medianer Längsschnitt durch eine etwas ältere Samenknospe. Vergr. 200.

Fig. 3. Horizontaler Querschnitt durch eine etwas ältere Samenknospe. Vergr. 200.

Fig. 4. Senkrechter Querschnitt durch dieselbe. Vergr. 200.

Fig. 5. Dieselbe Samenknospe im ganzen, von aussen gesehen. Vergr. 20.

Fig. 6. Befruchtete Samenknospe von aussen. Vergr. 25.

Fig. 7. Funikulusseite dieser Samenknospe von oben gesehen. Vergr. 15.

Fig. 8, 9 und 10. Querschnitte durch eine befruchtete Samenknospe. Vergr. 10.

Fig. 11. 12. Längsschnitte durch dieselbe. Vergr. 15.

Fig. 13. Dieselbe fast halbirt. Vergr. 15.

Fig. 14. Fast reifer, halbierter Samen, aus dem das weiche Endosperm herauspräpariert ist. Vergr. 4.

Fig. 15. Samen von Phoenix dactylifera quer. Vergr. 2.

Fig. 16. Derselbe im Längsschnitt. Nat. Grösse.

Fig. 17. Samen von Livistona spec. im Querschnitt. Nat. Grösse.

Fig. 18. Derselbe längs durchschnitten. Nat. Grösse.

Fig. 19. Samen von Licuala amplifrons im Längsschnitt. Vergr. 2.

Fig. 20. Derselbe quer durchnitten. Vergr. 2.

Fig. 21. Embryo von Areca Catechu. Vergr. 3.

Fig. 22. Desgleichen von Phoenix dactylifera. Vergr. 3.

Fig. 23. Desgleichen von Euterpe montana. Vergr. 3.

Fig. 24. Desgleichen von Calyptrocalyx spicatus. Vergr. 3.

Lebenslauf.

Ich, Ernst Wilhelm Theodor Osenbrüg, evangelischer Konfession, bin am 23. Oktober 1864 zu Ratzeburg als Sohn des Bäckermeisters Wilhelm Osenbrüg geboren. Ich besuchte die Realschule I. Ordnung in Lüneburg, die ich als Obersekundaner verliess, um die Apothekerkunst zu erlernen. Nach beendeter Lehrzeit konditionierte ich drei Jahre, genügte darauf meiner Militärpflicht und bezog im Herbst 1888 die Universität Marburg, wo ich am 1. Mai 1890 das pharmaceutische Staatsexamen bestand. Nach demselben widmete ich mich naturwissenschaftlichen Studien und wurde zu Anfang des Sommersemesters 1890 Assistent am botanisch-pharmakognostischen Institut zu Marburg, in welcher Eigenschaft ich bis zum November 1892 verblieb.

Als meine Lehrer, denen ich auch hier meinen herzlichsten Dank ausspreche, verehre ich die Herren Professoren Cohen, Goebel, Melde, Arthur Meyer und E. Schmidt.